

THESIS
MARBURG 1965
Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg an der Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

**Elektrolythaushalt
in Langzeithypothermie
bei verschiedenen Narkosearten
(Halothan, Lytische Mischung)**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Dieter Feldmann

aus Korbach

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg an der Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

**Elektrolythaushalt
in Langzeithypothermie
bei verschiedenen Narkosearten
(Halothan, Lytische Mischung)**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Dieter Feldmann
aus Korbach

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 26.7.1965

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. H. Hensel

Referent: Prof. Dr. med. J. Maurath

Correferent: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

Inhaltsverzeichnis

- I. Verzeichnis der Abkürzungen
- II. Phaseneinteilung der Versuchszeit
- III. Verzeichnis der Abbildungen
- IV. Verzeichnis der Tabellen

Seite:

1. Einleitung	1
1. Hypothermie	1
2. Halothan	1
3. Lytische Mischung	2
4. Abgrenzung des Arbeitsgebietes	3
2. Material und Methodik	4
1. Bestimmung der Elektrolyte, des Hämoglobins und des Hämatokrits	4
2. Statistische Auswertung	7
3. Methodik der Hypothermie	7
4. Material: Versuchstiere, Narkotika, Infusionen	8
5. Pharmakologie der Narkotika	10
6. Physiologie der Elektrolyte und Hypothermie	13
7. Berechnungsmethodik	20
8. Versuchsanordnung	21
3. Ergebnisse unserer Untersuchungen	25
1. Lebenszeit der Hunde	25
2. Verhalten des Kalium im Plasma	29
3. Verhalten des Kalium in den Erythrocyten	30
4. Kalium-Bilanz	30
5. Verhalten des Natrium im Serum	51
6. Natrium-Bilanz	56
7. Hämatokrit und Hämoglobin	64
8. Einfuhr und Ausfuhr von Flüssigkeit	71
4. Diskussion	72
5. Zusammenfassung	79
6. Literaturangaben	83

I. Verzeichnis der Abkürzungen

Δ	= Differenz
EZF	= extrazelluläre Flüssigkeit
EZR	= Extrazellulärraum
Gr.	= Gruppe
Gr.A	= Halothan hypotherm
Gr.B	= Halothan normotherm
Gr.C	= Lytische Mischung hypotherm
Gr.D	= Lytische Mischung normotherm
h	= Stunden nach der ersten Blutentnahme
Hd	= Hund
Htkr	= Hämatokrit
IZR	= Intrazellulärraum
KG	= Körpergewicht
K-ges.	= Gesamt-Kalium
K _B	= Kalium-Bilanz
K _E	= Kalium in den Erythrocyten
K _p	= Kalium im Plasma
K _U	= Kalium im Urin
l	= Liter
mäq	= Maßeinheit der Elektrolyte; entspricht dem durch die Wertigkeit geteilten und in mg ausgedrückten Atom- bzw. Molekulargewicht des betreffenden Ions
n	= Zahl der untersuchten Tiere
Na _S	= Natrium im Serum
Rest-IZR	= außererythrocytärer IZR

II. Phaseinteilung der Versuchszeit

Phase 0	: Narkose, Operation und erste Blutentnahme
Phase I	: Absinken der Körpertemperaturen von 37° auf 28°C in 2 Stunden in Hypothermie
Phase IIa	: normotherm: 2.-16.h nach Narkosebeginn hypotherm: 2.- 6.h " "
Phase IIb	: normotherm: 16.-24. h nach Narkosebeginn hypotherm: 6.-24. h " "
Phase III	: Wiedererwärmung

III. Verzeichnis der Abbildungen

	<u>Seite:</u>
Abb.I: Kalium im Plasma	26
Abb.II: Kalium in den Erythrocyten	27
Abb.III: Kalium-Bilanz pro Stunde	28
Abb.IV: Natrium im Serum	51
Abb.V: Natrium-Bilanz pro Stunde	55
Abb.VI: Hämatokrit und Hämoglobin	65
Abb.VII: Flüssigkeitsein- und -ausfuhr	70

IV. Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Nummern der Hunde, Geschlecht, Gewicht und Lebensdauer	25
Tab. 2: Kalium-Spiegel im Plasma in Normothermie	32
Tab. 3: Kalium-Spiegel im Plasma in Hypothermie	33
Tab. 4: Kalium in den Erythrocyten in Normothermie	34
Tab. 5: Kalium in den Erythrocyten in Hypothermie	35
Tab. 6: Berechnung des Gesamt-Kalium der Erythrocyten, Halothan normotherm	36
Tab. 7: Berechnung des Gesamt-Kalium der Erythrocyten, Halothan hypotherm	37
Tab. 8: Berechnung des Gesamt-Kalium der Erythrocyten, Lytische Mischung normotherm	38
Tab. 9: Berechnung des Gesamt-Kalium der Erythrocyten, Lytische Mischung hypotherm	39
Tab.10: Berechnung des Gesamt-Kalium im EZR, Halothan normotherm	40
Tab.11: Berechnung des Gesamt-Kalium im EZR, Halothan hypotherm	41
Tab.12: Berechnung des Gesamt-Kalium im EZR, Lyt.Mischung normotherm	42
Tab.13: Berechnung des Gesamt-Kalium im EZR, Lyt.Mischung hypotherm	43

Tab. 14: Kalium im Urin	44
Tab. 15: Kalium-Bilanz der Phase I, Halothan	45
Tab. 16: Kalium-Bilanz der Phase I, Lyt. Misch.	46
Tab. 17: Kalium-Bilanz der Phase IIa, Halothan	47
Tab. 18: Kalium-Bilanz der Phase IIa, Lyt. M.	48
Tab. 19: Kalium-Bilanz der Phase IIb, Halothan	49
Tab. 20: Kalium-Bilanz der Phase IIb, Lyt. M.	50
Tab. 21: Natrium-Spiegel im Serum in Normo- thermie	53
Tab. 22: Natrium-Spiegel im Serum in Hypo- thermie	54
Tab. 23: Berechnung des Gesamt-Natrium im EZR, Halothan normotherm	57
Tab. 24: Berechnung des Gesamt-Natrium im EZR, Halothan hypotherm	58
Tab. 25: Berechnung des Gesamt-Natrium im EZR, Lyt. Misch. normotherm	59
Tab. 26: Berechnung des Gesamt-Natrium im EZR, Lyt. Misch. hypotherm	60
Tab. 27: Natrium im Urin	61
Tab. 28: Natrium-Bilanz in Normothermie	62
Tab. 29: Natrium-Bilanz in Hypothermie	63
Tab. 30: Hämatokrit in Normothermie	66
Tab. 31: Hämatokrit in Hypothermie	67
Tab. 32: Hämoglobin in Normothermie	68
Tab. 33: Hämoglobin in Hypothermie	69

1. Einleitung

1.1. Die Hypothermie, auch künstlicher Winterschlaf genannt (Kaiser), führt durch einen Kalorienentzug von außen zu einer Senkung der Körpertemperatur. Nach der RGT-Regel von Van't Hoff wird bei einem Temperaturabfall von 10°C der O_2 -Verbrauch - infolge Herabsetzung sämtlicher Stoffwechselprozesse - auf die Hälfte vermindert. Daher sind O_2 -Mangelzustände (29), wie sie in der Chirurgie z.B. bei Herz- und Gefäßoperationen sowie bei radikalen Thorax- und Gehirnstammoperationen vorkommen, das Hauptindikationsgebiet.

Viele Autoren (16,18,19,22,44,47,52,56) berichten über einen starken Abfall des Kaliums und Anstieg des Hämatokrits (9) in Hypothermie. Während sie die Tiere nur wenige Stunden unterkühlten, versuchten wir in unserer Arbeit die Hypothermie, wenn möglich, über 24 Stunden oder länger aufrechtzuerhalten. Dabei verwendeten wir als Narkotikum das in dieser Hinsicht bisher wenig untersuchte Halothan und verglichen es mit Lytischer Mischung.¹⁾ Die Einleitung der Narkose erfolgte aus technischen Gründen bei allen Hunden mit Pentothal.

1.2. Halothan²⁾ gewann als Inhalationsnarkotikum seit seiner Einführung 1956 zunehmend an Bedeutung. Die praktischen Vorzüge dieses Anaesthetikums sind allgemein anerkannt; bezüglich der Einzelheiten wird auf Übersichten von Loskant und Hügin (33) und Vourc'h (55) sowie auf das Kapitel 2.6. dieser Arbeit verwiesen. I. Staib et al. (49) erwähnen zahlreiche bisher erschienene Publikationen über die klinische Anwendung, anaesthetische Wirksamkeit, Konzentrationsmessung, Wirkung auf Herz und Kreislauf, Nicht-Beeinflussung der Leberfunktion, Effekte auf den Säure-Basen-Haushalt und die Atmung sowie über Korrelation von Fluothan-Narkose und EEG, jedoch sind bis-

1) Die Versuche wurden am 15.10.1961 beendet.

2) 1,1,1-Trifluoro-2-brom-chloräthan = Halothan der Farbwerke Hoechst, Frankfurt/M.
= Fluothan der Firma Rhein-Chemie, Heidelberg

her Änderungen der Elektrolyte im EZR und IZR unter Halothan nicht oder nur ungenügend untersucht.

Da aber bei Anaesthesien über 2 h Dauer mit anderen Narkosemitteln wesentliche Elektrolytveränderungen gefunden wurden (51) und Voruntersuchungen in der Chirurgischen Klinik Marburg im Kalium-Haushalt bei Verwendung von Halothan bisher ungeklärte Verschiebungen ergaben (49), wird in dieser Arbeit versucht, Bilanzen über die Elektrolyte Natrium und Kalium bei langdauernden Narkosen aufzustellen.

1.3. Gleichzeitig untersuchte ich die Wirkung der Lytischen Mischung auf den Elektrolythaushalt.

Die Lyt.Mischung enthält Atosil¹⁾, Dolantin²⁾ und Megaphen³⁾ im Verhältnis 1:2:1.

Diese Mischung hat starke parasymphaticolytische und sympathicolytische Eigenschaften und wurde daher von Laborit auf Grund der Lehren von Selye - Allgemeines Adaptationssyndrom (46), von Rickers - Irritationssyndrom (41) und der Cannonschen Auffassung der sympathischen Notfallreaktionen (8) besonders für die Hypothermie empfohlen (31), um die bei der Abkühlung einsetzenden Gegenregulationen (Stress) des Organismus zu unterdrücken, die das Bestreben haben, die optimale Körpertemperatur aufrechtzuerhalten.

Der durch die Lyt.Mischung wie ein poikilothermes Wesen reagierende Organismus kann also abgekühlt werden, ohne daß ein Schock ausgelöst wird.

Gleichzeitig führen die Phenothiazinderivate Atosil und Megaphen zu einer Verlangsamung des Stoffwechsels aller Zellen und zu verminderter Wärmebildung, was ein weiterer Vorteil bei Verwendung der Lyt.Mischung für künstliche Unterkühlung ist (32).

1) = Promethazin = internat. Freiname

2) = Meperidin

3) = Chlorpromazin

1.4. Diese Arbeit vergleicht die Wirkung der Narkosemittel Halothan und Lytische Mischung auf den Elektrolythaushalt des Hundes in lange dauernder Hypothermie, und als Kontrollgruppen bei gleicher Medikation in Normothermie. Sie versucht dabei durch Bilanzberechnungen das Verhalten von Natrium und Kalium im IZR zu klären, um die Ursache für die in vorhergehenden Arbeiten (50) gefundenen Veränderungen dieser Elektrolyte im Plasma zu finden.

Weitere Ergebnisse wurden in den Dissertationen von G. Franke über das Verhalten des Herzminutenvolumens und von G. Rothe über Brenztraubensäure, anorganisches Phosphat und Glucuronsäure veröffentlicht, die an denselben Tieren und derselben Serie gearbeitet hatten.

2. Material und Methodik

2.1. Bestimmung der Elektrolyte, des Hämoglobins und des Hämatokrits.

I.: Blutentnahme: aus Dauerkatheter in A. femoralis. Entsprechend den Arbeitsvorschriften von Herrmann und Alkemade (23) sowie Bartels et al. (2) über Blutentnahme und Aufarbeitung wurde jeweils nur die zuerst entnommene Probe für die K-Analyse verwandt, die Blutröhrchen mit Gummistopfen verschlossen, um eine Verschmutzung durch Staub zu verhindern und die Proben sofort aufgearbeitet, damit kein Kalium in das Serum übertreten konnte; gleichzeitig wurden Temperaturveränderungen vermieden, um einer Hämolyse vorzubeugen.

II.: Elektrolyte: Zur Bestimmung von Kalium und Natrium benutzte ich das Flammenphotometer "Lependorf". Von jeder Probe wurde nach Möglichkeit eine dreifache Bestimmung durchgeführt. Die methodische Fehlerbreite betrug für Kalium und Natrium $\pm 1,3$ %.

Die Bestimmungen wurden folgendermaßen durchgeführt:

K in den Erythrocyten (42):

1. Zur Verhütung der Blutgerinnung 10 mg des K-freien Titriplex III¹⁾ (38) in ein leeres 10 ml Zentrifugenröhrchen geben (10 mg Titriplex III auf 10 ml Blut).
2. Blut in Röhrchen fließen lassen, mit Gummistopfen verschließen und bis zur vollständigen Lösung von Titriplex III umschütteln.

1) Titriplex III: Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure, Fa. Merck, Darmstadt

3. a Zentrifugieren 20 Min./3000 U.
b Plasma abhebern (siehe unter Kalium in Urin und Plasma) (23).
c Oberste thrombozytenhaltige Schicht des Sedimentes mit isoton. NaCl-Lösung aufschwemmen, zentrifugieren 5 Min./3000 U, überstehende Flüssigkeit sowie Thrombozyten vorsichtig mit wasserstrahlpumpe absaugen; nochmals waschen mit NaCl-Lösung, scharf zentrifugieren 10 Min, 3000 U, überstehende Flüssigkeit absaugen.
4. 1 ml der sedimentierten Erythrozyten mit Vollpipette vom Grund des Zentrifugenröhrchens entnehmen, in 50 ml Meßkolben tropfen lassen; 20 ml Aqua dest. durch Aufsaugen mit gleicher Vollpipette zu deren Spülung und zum Hämolysieren der Erythrozyten dazugeben, schütteln bis zum Eintritt der Hämolysen, 15 Min. stehen lassen, 10 ml 20 %ige Trichloressigsäure zum enteiweißen zufügen und mit Aqua dest. auf 50 ml auffüllen.
5. In 50 ml Erlenmeyerkolben filtrieren, 10 ml enteiweißtes Hämolysat in 20 ml Meßkolben pipettieren, mit Aqua dest. auf 20 ml auffüllen und im Flammenphotometer (Lppendorf) messen. Ergebnis $\times 5 = \text{mäq K/l Erythrocytensediment.}^{1)}$

K in Urin und Plasma:

1 ml Urin oder Plasma (siehe II 3 b) auf 20 ml mit Aqua dest. verdünnen und im Flammenphotometer messen = mäq/l.

1) Flammenphotometer (Lppendorf) gibt mäq K/l an, wenn 1 ml einer kaliumhaltigen Flüssigkeit auf 20 ml verdünnt wird; z.B.: 1 ml Erythrocyten auf 20 ml verdünnt gemessen = $\text{mäq K/l Erythrocyten.}$

Na in Urin und Serum:

- a. 10 ml Blut 20 min./3000 U zentrifugieren, Serum abpipettieren.
- b. 1 ml Urin oder 1 ml Serum auf 200 ml mit Aqua dest. verdünnen und im Flammenphotometer messen: mäß Na/l Urin oder Serum.

III: Hb-Bestimmung mit Eppendorf-Photometer:
(Cyanidhämoglobin-Methode) (24)

1. Reagenzlösung: 1 g Na-bicarbonat, 200 mg K-ferricyanid und 50 mg K-cyanid in 1000 ml Aqua dest. lösen.

2. Technik:

0,02 ml Blut in Kapillarpipette aufziehen; in ein Reagenzglas mit geeichter 5 ml Vollpipette 5 ml Reagenzlösung geben und das entnommene Blut sofort hinzufügen.

Kapillarpipette durch mehrmaliges Aufziehen der Lösung spülen.

Inhalt des Reagenzglases schütteln und mindestens 20 Min. stehen lassen.

Extinktion der Cyanhämoglobinlösung mit Filter Hg 546 in 10 ml Küvette gegen Aqua dest. als Blindprobe messen.

Berechnung: $E \times 36 = g \text{ Hb}/100 \text{ ml Blut}$
 $E \times 225 = \% \text{ Hb}$

Von jeder Probe wurden drei Bestimmungen durchgeführt. Die methodische Fehlerbreite beträgt $\pm 3 \%$.

IV: Hämatokrit nach van Allen (abgeändert: Liquemin statt Na-Oxalat, da Hundeerythrocyten mit Na-Oxalat hämolysieren).

Blut im Hämatokritröhrchen bis Marke 10 aufziehen, Liquemin nachziehen, bis Kugel halbgefüllt ist,

Röhrchen in Klammer einschließen und 20 Min./ 3000 U zentrifugieren.

(Wichtig: für alle Bestimmungen gleiche Zeit und Umdrehungszahl nehmen.)

Ablesen in %.

2.2. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte nach den allgemeinen Regeln für Durchschnitts-, Streuungs- ($s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$)

und Signifikanzberechnung ($Q = \sqrt{\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$).

Die während der Narkose erhaltenen Werte wurden stets mit dem zu Beginn der Narkose ermittelten Wert des betreffenden Einzeltieres verglichen und im Kollektiv mit gleicher Behandlung pro Abnahmezeit gemittelt.

Zur Abgrenzung des signifikanten Unterschiedes zweier Durchschnitte wurde die Prüfgröße $Z = 3 + \frac{10}{n_1 + n_2}$ herangezogen und damit ein strenger Maßstab angelegt (14,17).

2.3. Methodik der Hypothermie

In unserer Versuchsreihe kam es darauf an, die Tiere in Langzeithypothermie auf einer möglichst konstanten Temperatur zu halten. In vorangegangenen Versuchen war für die Unterkühlung mit der hier angewandten Methode eine kritische Temperaturgrenze zwischen $+ 26^{\circ}\text{C}$ und $+ 28^{\circ}\text{C}$ festgelegt worden. Daher hielten wir die Tiere während der Hypothermie bei $28-29^{\circ}\text{C}$ Körpertemperatur. Die Unterkühlung erfolgte nach der Immersionsmethode. Die Tiere wurden in ein Wasserbad gelegt, dessen Temperatur mit Hilfe einer von heißem oder kaltem Wasser durchströmten Kupferschlange geregelt wurde.

Wir bedienten uns hierbei eines neuartigen Automatengerätes nach Dr. H. Oehmig (Leiter der Anaesthesie-Abteilung der Chir. Univ.Klinik Marburg) (36,37). Hierbei wird eine Regelschaltung angewendet, die von den bisherigen dadurch abweicht, daß statt zwei Tanks drei kalorische Speicher vorhanden sind, ein Kühl-, Sollwert- und Wärmespeicher. Die Steuerung geschieht von Hand oder automatisch in Abhängigkeit von der Körpertemperatur. Eine genaue Beschreibung erfolgt in der Dissertation von G.Franke.

2.4. Material

Als Versuchstiere wurden männliche und weibliche Bastardhunde ohne Auswahl verwendet, deren Körpergewicht zwischen 10 und 29 kg lag (s.Tab.1).

Wir teilten sie in vier Gruppen ein, die alle aus technischen Gründen mit Thiopentobarbital eingeleitet wurden, weil die Narkoseeinleitung mit Halothan beim Hund nicht möglich ist.

Gruppe A: Fluothan bei allgemeiner Abkühlung mit der
Immersionsmethode
n = 7 Versuchstiere

Gruppe B: Fluothan ohne Abkühlung
n = 6 Versuchstiere

Gruppe C: Lytische Mischung mit Abkühlung
n = 8 Versuchstiere

Gruppe D: Lytische Mischung ohne Abkühlung
n = 7 Versuchstiere

Als Narkotika dienten:

Halothan - O₂: 0,2 - 0,7 %ig, eingestellt am
"Flotec" 1)

Trapanal: zur Narkoseeinleitung: 20 - 25 mg/kg KG

Lytische Mischung: 100 mg Dolantin + 50 mg Atosil
+ 50 mg Megaphen in 20 ccm physiol.
NaCl-Lösung (Menge s.Kap.2.8.)

Als Infusionen wurden gegeben:

Laevulose (1000 ccm) 5,25 % + 500 mg Cebion²⁾
+ 2 ccm Polybion³⁾

Periston⁴⁾

Bicarbonat 3,8 %

Macrodex 6 % ⁵⁾

Hundeblut

Die Berechnung der zugeführten Elektrolyte erfolgte nach
der unter 2.7. angegebenen Formel für die Kalium-Bilanz.
Angaben über die Menge der Infusionen erfolgen in Abb.VII.

1) Fluotec Mark 2: Meßapparat der Fa. Rhein-Chemie,
Heidelberg, zur Bestimmung der
haloathan-Konzentration

2) Cebion = Vitamin C (l-Ascorbinsäure), Fa. Merck,
Darmstadt

3) Polybion = Vitamin-B-Komplex Merck mit Vitamin B₁₂
und Biotin, Fa. Merck, Darmstadt

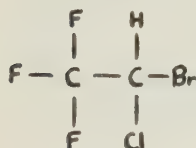
4) Periston = Polyvinylpyrrolidon, Fa. Bayer, Lever-
kusen

5) Macrodex = Depolymerisiertes Dextran (Polydextrose)
mit 0,9 % Natriumchlorid, Knoll AG.,
Ludwigshafen am Rhein

2.5. Pharmakologie der Narkotika

1. HALOTHAN (Fluothan):

Halothan ist der internationale Freiname für das 2-brom-2-chlor-1-1-1-trifluoräthan.



Es wurde 1953 von Suckling und Mitarb. synthetisiert. Es ist in Fett sehr leicht löslich, aber in Wasser fast unlöslich. Sein Siedepunkt liegt bei 50,2°C (28).

Halothan ist eine angenehm süßlich riechende, klare, farblose Flüssigkeit, die in jeder Konzentration, auch in Verbindung mit reinem O₂ und Lachgas, weder explosiv noch brennbar ist (6,45).

Da unter Lichteinfluß eine geringe Zersetzung eintritt, wird Halothan in dunklen Flaschen geliefert und enthält 0,01 % Thymol, um jegliche Veränderung zu vermeiden. Durch Atemkalk wird ebenfalls keine Veränderung des Halothans erzeugt; daher ist es auch im geschlossenen System für Atmung und Beatmung verwendbar. Halothan ist ein hochwirksames, gut steuerbares Inhalationsnarkotikum, das an Wirkungsstärke das Chloroform um das Zweifache und den Diäthyläther um das Dreifache übertrifft und eine doppelt so große narkotische Breite als die beiden eben genannten hat (39).

Zur Einleitung der Narkose verwendet man kurzzeitig eine 2-4 %ige, zur weiteren Aufrechterhaltung der Narkose eine 0,7 - 1,5 %ige Dampfkonzentration. Dabei tritt das Excitationsstadium praktisch nicht in Erscheinung, da es bei dieser Anfangskonzentration schnell durchlaufen wird. Nach Absetzen des Narkotikums wachen die Patienten schnell wieder auf, was nach Untersuchungen von Duncan (13) und Raventos (13) dadurch zu erklären ist, daß die Konzentration im arteriellen Blut schon nach 18 Min. auf 50 %

abgesunken ist, während das venöse Blut etwas länger dafür braucht. Das venöse Blut gibt den gesamten Halothangehalt durch die Lunge unverändert wieder ab.

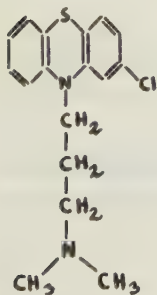
Übelkeit und Erbrechen sind sowohl bei der Narkoseeinleitung als auch postoperativ sehr selten beobachtet worden.

2. LYTISCHE MISCHUNG (Coctail lytique):

Die Lytische Mischung besteht aus 100 mg Dolantin, 50 mg Atosil und 50 mg Megaphen.

Megaphen ist ein vorwiegend starkes Adrenolyticum (11) und verhindert die adrenergischen Gegenreaktionen bei Stress. Es potenziert zugleich die analgetische Wirkung des Dolantins, so daß bei gleicher Wirkungsstärke die analgetischen Dosen desselben auf die Hälfte reduziert werden können.

Megaphen:

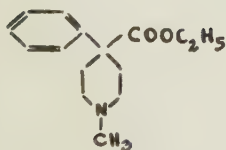


(Chlorpromazin, Largactil)

N-(3-Dimethylamino)-
propyl - 3 chlorpheno-
thiazin

Summenformel: $C_{17}H_{19}N_2Cl$

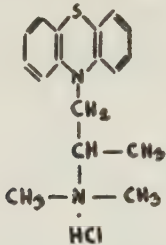
Dolantin:



(Pethidine, Demerol, Alodan)

1-Methyl-4-phenylpiperidin-
4-carboxylsäure-aethylester
(üblicherweise als Hydro-
chlorid im Handel)

Atosil ist ein starkes Antihistaminicum mit schwachen analgetischen Eigenschaften:



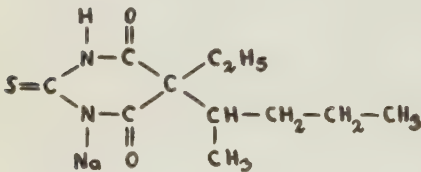
(Promethazin, Phenergan)

Hydrochlorid des N-(2-Dimethylamino-2-methyl)-aethyl-phenothiazin

Summenformel: $C_{17}H_{20}N_2S \cdot HCl$

Die Lyt. Mischung blockiert nach H.J.Thum (53) die Übertragersubstanzen der Irritationsreflexe des neurovegetativen Nervensystems. Dies führt zur Verlangsamung des Stoffwechselumsatzes aller Zellen, zu einer verminderten Wärmebildung und zur Unterdrückung der z.B. während einer Abkühlung auftretenden Gegenregulationen.

3. TRAPANAL:



(Thiopentobarbital, Penthotal, Thiopentone, Thiopental)

5,5'-aethyl-methylbutylthiobarbitursäures Natrium

4. Endojodin: Hexamethyldiaminoisopropanoldijodid.

2.6. Die Physiologie der Elektrolyte, des Wasserhaushalts und der Hypothermie:

Die Elektrolyte spielen besonders bei der Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes, des pH und im Wasserhaushalt sowie bei der Nervenleitung und Muskelerregung des Organismus eine wichtige Rolle. Die Elektrolyte kommen in den Körperflüssigkeiten nur dissoziiert vor; also z.B. Na^+ und K^+ . Jede der drei Körperflüssigkeiten im intrazellulären Raum, Interstitium und Plasma hat eine charakteristische Zusammensetzung an Elektrolyten. Ähnlich verhalten sich dabei das Plasma und das Interstitium; beide zusammen werden daher als Extrazellulärraum (EZR) bezeichnet. Die entscheidenden Elektrolyte im Extrazellulärraum sind Natrium und Chlor, während Kalium das in der Zelle vorherrschende und wichtige Elektrolyt ist.

Nach Harris (20) betragen die Werte beim Hund im Plasma für Kalium 4,8 mEq/l und Natrium 153 mEq/l.

Am besten erforscht ist das Verhalten von extrazellulärem Natrium und intrazellulärem Kalium in Versuchen über die Erregungsleitung der Nerven.

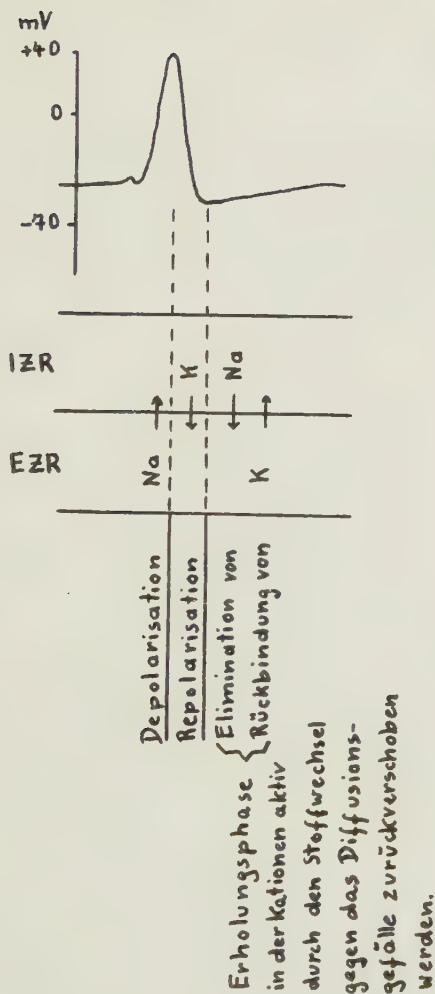
Fleckenstein (15) machte genaue Angaben über das Verhalten der Elektrolyte während der Erregung eines Nerven. Die gleichen Veränderungen finden sich in den Muskeln während einer Kontraktion.

Nach Fleckenstein verläuft der Prozeß einer fortgeleiteten Erregung folgendermaßen:

In Ruhe ist die Oberfläche einer Nervenfasern mit viel Na-Ionen besetzt, die nicht durch die Zellmembran in das Faserinnere eindringen können, da im Ruhezustand die Membran für Natrium impermeabel ist, während ein geringer K-Ionenstrom vom Intrazellulärraum durch die Membran in den Extrazellulärraum entsprechend dem Konzentrationsgefälle diffundieren kann.

Der erste Schritt einer fortgeleiteten Erregung scheint in der Depolarisation der ruhenden Membran durch eine erregte Stelle der Nachbarschaft zu bestehen, die sich entsprechend der Kabelstruktur der Faser weiter ausbreitet. Infolge dieser Depolarisation wird die Membran für Natrium sogar noch besser permeabel (Hodgkin u. Katz) als für Kalium, so daß die Negativierung der Oberfläche der erregten Stelle im Aktionsstrom weit über den Nullwert des Membranpotentials - um etwa 40 mV - hinausschießt. Dabei entsteht - dem Konzentrationsgefälle folgend - ein Einwärtsstrom von Na-Ionen in die Nervenfasern, bis sich die Richtung des Potentials umkehrt und ein Gleichgewicht erreicht wird. In dieser Phase beginnt ein Auswärtsstrom von K-Ionen; die Fähigkeit der Membran, bevorzugt Natrium zu leiten, nimmt ab und die Negativierung der erregten Stelle bildet sich schnell zurück.

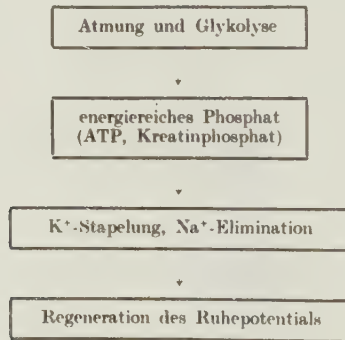
Der Kationenaustausch zerfällt also wahrscheinlich in zwei örtlich und zeitlich getrennte Halbphasen, wobei der ansteigende Schenkel durch den eintretenden Na-Strom, der abfallende Schenkel durch den austretenden K-Strom charakterisiert ist. Beide Ionenbewegungen erfolgen in der Richtung des Konzentrationsgefälles, so daß auch die Repolarisationsphase des Aktionspotentials größtenteils ohne direkte Beteiligung aktiver Wiederaufladungsprozesse ablaufen dürfte.



Aktionspotential und Verhalten von K und Na während der fortgeleiteten Erregung eines Nerven
(Abb. nach Fleckenstein 1955)

erst anschließend werden die Mechanismen des aktiven Kationentransportes für die Elimination von Natrium und für die Rückbindung von Kalium beansprucht, denn dieser dritte Vorgang, die Erholungsphase, geschieht entgegen dem Energiegefälle und bedarf daher der Energie.

Die Energiespender der Erholungsphase sind die Glycolyse und die Atmung; beide liefern energiereiches Phosphat, also Kreatinphosphat und ATP; bei deren Abbau wird Energie frei, die von der Zelle dazu benutzt wird, um intrazellulär Kalium zu stapeln im Austausch gegen H^+ -Ionen, die die Zelle verlassen, und um gleichzeitig Natrium aus der Zelle zu eliminieren;



(Abb. nach A. Fleckenstein 1955)

je höher dabei die entstehenden Konzentrationsunterschiede zwischen K im IZR und Na im EZR werden, um so größer wird das Ruhepotential der Muskelfaser, um so größer sind gleichzeitig die in ihm gespeicherten Energien und die Erlebensfähigkeit des Muskels.

Welche Rolle spielen nun die Elektrolyte für die Wasserregulation ?

Bekanntlich besteht der Körper des Erwachsenen zu etwa 60 % aus Wasser. Die EZF umfasst 15 % und die IZF etwa 45 % des Körpergewichts (5). Sämtliche Lebensvorgänge spielen sich in wässriger Lösung ab, deshalb ist die Wahrung des Wasserbestandes lebensnotwendig. Eine entscheidende Rolle spielen dabei die Elektrolyte, besonders das Natrium. Durch ihre Konzentration wird nämlich der osmotische Druck der Flüssigkeiten bestimmt und dieser ist für die Wasserbewegung maßgebend. Steigt der osmotische Druck im Blut an, so reagieren Osmorezeptoren, die man im thalamusnahen Gebiet der Carotis interna annimmt, und setzen das antidiuretische Hormon des Hypophysenhinterlappens (ADH) frei. Dieses Hormon wird nach neueren Annahmen im Nucleus supraopticus gebildet und von dort in den Hypophysenhinterlappen transportiert. Unter seinem Einfluß wird die aktive Wasserrückresorption im distalen Tubulus und in den Sammelröhren erhöht, dadurch die Wasserausscheidung gehemmt und die Isotonie im Blut wiederhergestellt. Umgekehrt kann man annehmen, daß das Absinken des osmotischen Druckes über eine ADH-Hemmung zu einer vermehrten Wasserausscheidung führt (35).

Natrium wird durch die Nahrung zugeführt; die Ausscheidung erfolgt praktisch nur durch die Niere. Die Niere muß, um eine ausgeglichene Na-Bilanz zu gewährleisten, jeweils die aufgenommene Menge ausscheiden. Da die Natriumzufuhr unter Umständen starken Schwankungen unterliegt, bedarf es eines Regulationssystems. Diese Anpassung geschieht durch die tubuläre Rückresorption, welche unter dem Einfluß von Aldosteron, dem in der Zona glomerulosa der Nebennierenrinde gebildeten Hormon, steht. Aldosteron bewirkt verstärkte Na-Rückresorption. Gleichzeitig steigert es die Elimination von Kalium. Da eine vermehrte

Na-Rückresorption zu einer Erhöhung der Osmolarität im extrazellulären Raum führt, bewirkt aldosteron indirekt - d.h. über eine Freisetzung von ADH - eine vermehrte Retention von Wasser (35).

Die Aldosteronbildung wird wahrscheinlich vorwiegend durch Volumenschwankungen gesteuert, und zwar reagieren die Volumenrezeptoren in der Arteria carotis auf eine verminderte Füllung des arteriellen Systems und führen zu einer Aldosteronaktivierung (35).

Kalium ist im Plasma nur in einer Konzentration von etwa 4,8 mEq/l (20) beim Hund vorhanden und spielt für den Wasserhaushalt kaum eine Rolle. Über seine Wirkung bei der Muskelkontraktion und Nervenleitung wurde bereits ausführlich berichtet.

Die Regulation der Kaliumausscheidung durch die Niere ist weniger fein als die Natriumausscheidung. Wird durch die Nahrung wenig Natrium aufgenommen, sistiert die Natriumausscheidung, dagegen geht die Kaliumausscheidung bei fehlender Kalium-Zufuhr weiter (5). Die Folge ist ein K-Mangel im Plasma, der zu einer Alkalose, Müdigkeit, Apathie, Anorexie, Muskelschwäche, Reflexstörungen, Anstieg der Herzfrequenz sowie typischen Veränderungen im EKG führt.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß Wasser- und Elektrolythaushalt nicht getrennt betrachtet werden können, weil sie funktionell aufs engste verbunden sind. Unter dem Gesichtswinkel der Diurese hat Natrium die führende Rolle; seine Retention führt zu Wasserzurückhaltung, seine Ausscheidung zu Wasserdiurese. Kalium

dagegen ist das wichtigste intrazelluläre Elektrolyt, das besonders für die Muskelkontraktion und die Erregungsleitung der Nerven wichtig ist.

Physiologie der Hypothermie:

Die Hypothermie führt durch einen Kalorienentzug von außen zu einer Senkung der Körpertemperatur. Nach dem Van't Hoff'schen Gesetz wird bei einem Temperaturabfall von 10°C der O_2 -Verbrauch - infolge Herabsetzung sämtlicher Stoffwechselprozesse - auf die Hälfte vermindert. Diese Herabsetzung der Zellatmung durch Kälte führt (15) beim Warmblüter zu starken Kalium-Austritten aus der Muskulatur, weil einer der beiden Energielieferanten - Atmung und Glycolyse - für die Aufrechterhaltung des Ruhepotentials an der Zellmembran der Muskelfaser ausfällt. Auch die Leber gibt - wahrscheinlich unter dem Einfluß von Adrenalin - Kalium ab. Übereinstimmend damit fanden Auger und Fessard (1) sowie Hodgkin und Nastuk (25) und Bernstein (3), daß sich die Höhe des Ruhepotentials an der Zellmembran proportional zur absoluten Temperatur verändert. Aber die Kälte vermindert nicht nur die Atmung der Zelle, sondern sie hat auch eine stark hemmende Wirkung auf die ATP-Umsetzungen selbst, insofern, als z.B. bei 0°C der Linbau von P^{32} in die ruhende Muskelzelle 9-10 mal langsamer als bei 20°C vor sich geht. Damit wird die Bildung von ATP gehemmt, so daß das Membranpotential zusammenbricht und Kalium aus dem intrazellulären Raum in den extrazellulären Raum übertritt. Das bedeutet gleichzeitig, daß nach Muskelkontraktion - z.B. nach dem im Anfang der Hypothermie auftretenden Kältezittern - die Tendenz des Muskels zur Repolarisation und Erschlaffung - infolge Hemmung der restitutiven Prozesse - stark reduziert ist und damit eine Rückbindung

von Kalium in der Muskelfaser nicht möglich ist. Dieses bleibt vielmehr im Extrazellulärraum bzw. erscheint bei Erhöhung des Plasmaspiegels im Urin, denn die Leber reguliert in Hypothermie den Plasmaspiegel des Kaliums nicht; nur in Normothermie fängt die Leber einen Kalium-Überschuß im Plasma auf.

Dieser dauernde Verlust des Kaliums aus dem IZR und EZR und seine Ausscheidung in den Urin erschweren ihrerseits ebenfalls die Rückbindung von Kalium in der Muskelfaser und damit die Erholung (15), so daß sich im Laufe einer Hypothermie ein zunehmender Kalium-Mangel einstellt.

2.7. Berechnungsmethodik

Die Messungen erfolgten bei den

normothermen	Hunden	nach	0,2, 16, 24 h
hypothermen	"	"	0,2, 6, 24 h

Kalium im Plasma: gibt die Höhe des K-Spiegels zur Zeit der einzelnen Messungen an.

Die Berechnung der Kalium-Bilanz: erfolgte nach der Formel

$$(\Delta K_E + \Delta EZR + K_{Urin} - Zufuhr) : h = \text{Bilanz} / h (\text{m} \ddot{a} q)$$



(Abb. nach I. Staib (48))

Die Bilanz gibt die Größe eines K-Verlustes aus dem außer-erythrozytären IZR in m $\ddot{a}q/h$ an.

Eine negative Bilanz entspricht einem K-Zuwachs im IZR.

Die Na-Bilanz wurde nach derselben Formel errechnet.

Die LZF wurde mit 15 % des Körpergewichtes (KG) berechnet (5).

Kalium in Erythrozyten: wurde bestimmt, weil die Erythrocyten einen leicht meßbaren kleinen Teil des IZR darstellen und daher mit Einschränkung (38,40) repräsentativ für die Körperzellen sein könnten. Wir wollten sehen, in wieweit die K-Änderungen in den Erythrocyten an den von Staib et al. (49) beobachteten Elektrolytveränderungen im Plasma beteiligt sind.

2.8. Versuchsanordnung:

Die Versuchstiere wurden in folgende Gruppen eingeteilt:

Gruppe A: Halothan, hypotherm

Gruppe B: Halothan, normotherm

Gruppe C: Lytische Mischung, hypotherm

Gruppe D: Lytische Mischung, normotherm

Die Versuchszeit wurde in Phasen unterteilt:

Phase 0: Narkose, Operation und erste Blutentnahme

Phase I: Absinken der Körpertemperatur von 37° auf 28° C in
2 Stunden

Phase IIa: normotherm: 2. - 16. h nach Narkosebeginn

hypotherm: 2. - 6. h " " "

Phase IIb: normotherm: 16. - 24. h " " "

hypotherm: 6. - 24. h " " "

Phase III: wiedererwärmung

Phase 0: Als Prämedikation bekamen die normotherm gehaltenen Hunde der Gruppen B und D 4 bis 6 h vor Narkoseeinleitung und die hypotherm gehaltenen Hunde der Gruppen A und C 2 bis 4 h vorher 50 mg/kg Körpergewicht Jod in Form des Hexamethyldiaminoi-

sopropanolajodids (Lodojodin) injiziert, um eine größere Stoffwechselltoleranz gegenüber äußeren Einflüssen zu erreichen. In einer Barbiturat-Narkose, 20 - 25 mg Trapanal/kg KG intravenös, legten wir den Versuchstieren Polyaethylen-Katheter (Durchmesser: 4 mm) in die rechte Arteria und Vena femoralis zentralwärts bis über die Höhe der Bifurcatio sortae und in die linke Vena jugularis bis zum rechten Vorhof des Herzens. Alle drei geöffneten Gefäße wurden peripher unterbunden und die Incisionen vernäht. Der Blutverlust bei den Operationen war minimal (wenige ml).

Zur Urinentnahme wurde ein Ureteren-Katheter in die Blase eingeschoben und diese völlig entleert. Nun erfolgte - noch in Normothermie - die erste Blutentnahme, um einen Ausgangswert für die folgenden Messungen in Hypothermie zu erhalten. Von diesem Zeitpunkt (der Stunde 0) an erfolgten die Unterkühlung und Zählung der in den Tabellen angegebenen Stunden.

Alle Tiere wurden mit einem abgeblockten Endotrachealtubus intubiert, um sie beim Aussetzen der Spontanatmung genügend beatmen zu können. Der Tubus blieb für die Dauer des Versuches liegen.

Zur automatischen Registrierung führten wir ein Widerstandsthermometer in den Oesophagus ein. (Vergleiche Dissertation G. Franke).

Phase I - III: Nach der Operation wurden während der ungefähr 2-stündigen Abkühlungsphase (Phase I) die Tiere der Gruppen A und C von ihrer normalen Körpertemperatur auf eine Temperatur von $28^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ gebracht, die durch den unter 2.4. beschriebenen automatischen Regelschalter aufrechterhalten wurde.

Sofort nachdem diese tiefste Temperatur erreicht war, erfolgte die erste Blutentnahme in Hypothermie. Gleichzeitig wurde die Blase entleert, um die Menge der ausgeschiedenen Elektrolyte berechnen zu können.

Weitere Messungen erfolgten jeweils am Ende der einzelnen Phasen; dabei dienten die Tiere der Gruppen B und D als Kontrolltiere und wurden normotherm gehalten.

Von Beginn der Phase I bis Ende Phase IIb erhielten die Hunde der Gruppen A und B als Narkosemittel ein 0,2 - 0,7 %iges Halothan-O₂-Gemisch, während die Tiere der Gruppen C und D durchschnittlich 3,25 ccm lytische Mischung pro Stunde und kg Körpergewicht injiziert bekamen.

1 ccm lytische Mischung enthielt: 2,5 mg Megaphen
2,5 " Atosil
5,0 " Dolantin

Die Menge der zugeführten Narkotika richtete sich nach der Narkosetiefe, dem Verhalten des Blutdruckes und der Atmung. Alle Tiere atmeten spontan und wurden nur bei Aussetzen der Atmung manuell beatmet, bis diese wieder einsetzte.

Da Vegnelyi (57) während der Unterkühlung das Auftreten einer Azidose feststellte und Dill und Forbes (12) von einer Abnahme der Alkalireserve berichteten, haben wir, da eine azidotische Stoffwechsellaage sich in Langzeithypothermie stark störend auswirkt, durch häufige Blutgasanalysen versucht, das Auftreten einer Azidose rechtzeitig zu erkennen und durch Zufuhr von Natrium-bicarbonat zu verhindern.

Bei der Durchführung der Langzeithypothermie mußten wir erkennen, daß, unabhängig vom angewandten Narkotikum, die meisten Tiere eine Unterkühlung bei der von uns angewandten Temperatur von 28° C über 30 h nicht überstanden. Wir beschränkten uns deshalb auf eine Unterkühlung von

24 h und versuchten anschließend, die Hunde wieder auf ihre normale Temperatur zu bringen. Danach wurden die Tiere mit einer Überdosis an Trapanal ad exitum gebracht. Bei den Gruppen B und D sollte die alleinige Wirkung von Halothan, bzw. Lytischer Mischung in Verbindung mit Trapanal, auf den Stoffwechsel der Versuchstiere festgestellt werden.

3.1. HALOTHAN: normotherm

=====

Hd. Nr.	! Geschlecht !	kg KG	! Lebensdauer
16	männl.	18,5	14 1/2 h
17	"	15,6	10 1/4 h
18	"	14,0	n.26 h getötet
19	"	28,0	n.26 h getötet
20	"	24,5	24 1/2 h
21	"	10,0	23 1/2 h

hypotherm

2	männl.	11,0	16 h
3	"	26,5	52 h
4	"	8,0	30 1/2 h
22	weibl.	23,5	28 h
23	"	21,0	26 h
24	"	12,0	11 1/4 h
25	"	17,0	7 3/4 h

LYT.MISCHUNG: normotherm

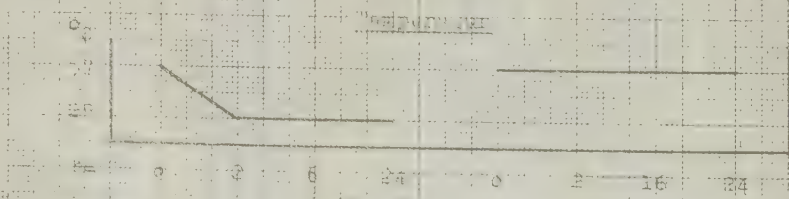
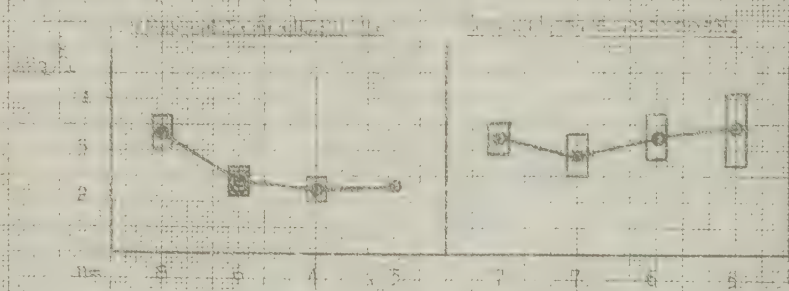
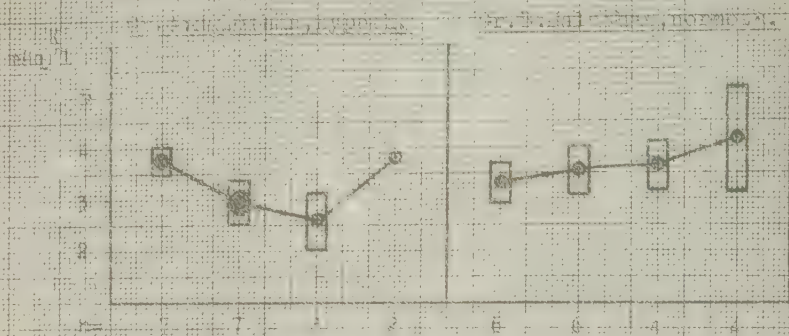
=====

8	männl.	18,0	n.25 h getötet
10	"	18,5	n.26 h getötet
11	"	24,5	n.24 h getötet
12	"	19,0	n.24 h getötet
13	"	20,4	20 1/4 h
14	weibl.	20,0	n.25 h getötet
15	männl.	15,0	n.25 h getötet

hypotherm

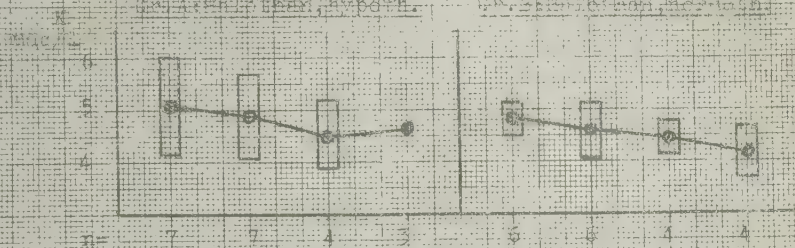
5	männl.	20,0	22 h
6	"	11,0	28 1/2 h
7	"	29,0	26 3/4 h
9	"	27,7	n.25 h getötet ⁺)
26	weibl.	18,0	15 h
27	"	17,5	18 h
28	"	26,0	25 h
29	männl.	24,5	24 1/2 h

⁺) nach Wiedererwärmung getötet.

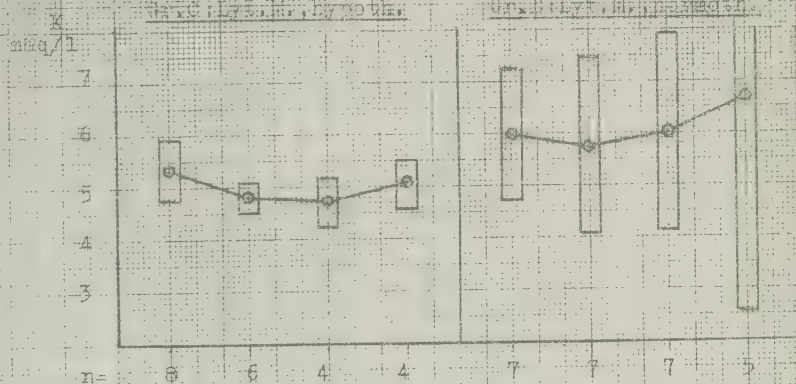


- = Werte für die Funktion (normal)
- = Werte für die Funktion (abnormal)
- = Intervall der Funktion (normal)
- = Intervall der Funktion (abnormal)
- = Linie der Funktion (normal)
- = Linie der Funktion (abnormal)

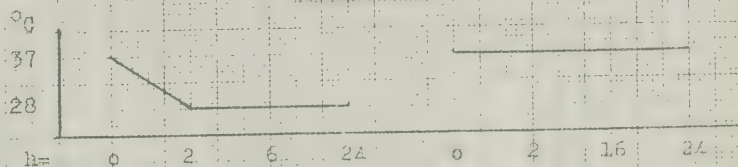
... ..

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{1 + (x-1)} = 1 - (x-1) + (x-1)^2 - (x-1)^3 + \dots$$


Unit 17: The Internet



TEMPERATURE



2190. 511

Kalium-Bilanz pro Stunde

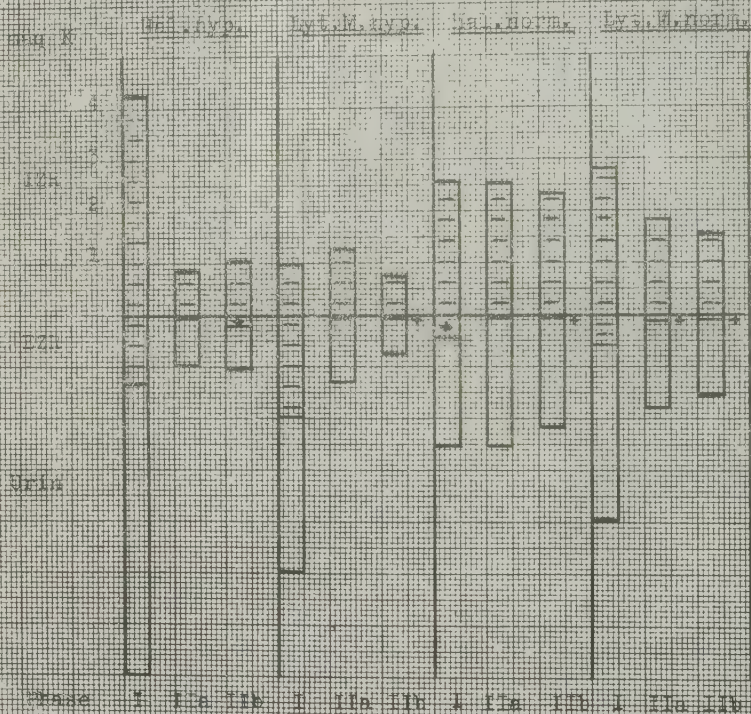
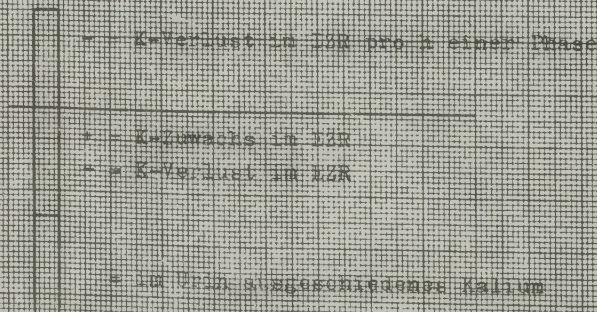


Abb. 111



2. Verhalten des K im Plasma (s. Abb. I)

Normotherm: Unter der Narkose mit Halothan zeigt sich nach 2, 16 und 24 h ein steter leichter Anstieg des K von 3,3 auf 4,2 mÄq/l.

Bei den mit Lytischer Mischung narkotisierten Hunden fiel in den ersten zwei Stunden der K-Spiegel von 3,2 auf 2,9 mÄq/l, um dann langsam bis auf 3,4 mÄq/l nach 24 h Narkosedauer anzusteigen.

Die Veränderungen sind aber so minimal, daß sie nicht signifikant sind.

Hypotherm: In der Phase I fällt der K-Spiegel sowohl unter der Narkose mit Halothan als auch mit Lyt. Mischung signifikant. In der Gruppe A beträgt die Differenz 0,82 mÄq/l und in der Gruppe C 0,97 mÄq/l.

In der Phase IIa zeigt sich ein weiterer Abfall, der aber unter Lyt. Mischung nicht so steil verläuft wie unter Halothan. In der Gruppe A beträgt er 0,34 mÄq/l, dagegen in der Gruppe C nur noch 0,16 mÄq/l.

Nach 24 h jedoch ist die K-Menge im Plasma in der Gruppe A wieder erhöht auf den Ausgangswert, während sie in der Gruppe C keinen Anstieg aufweist.

3.3. Verhalten des K in den Erythrozyten: (s. Abb. II)

Normotherm: In der Gruppe B (Hal.normoth.) schwankt das K in den Erythrozyten in 24 h zwischen 4,8 und 4,17 mÄq/l und in der Gruppe D (Lyt.Misch.normoth.) zwischen 6 und 6,69 mÄq/l. Diese Veränderungen sind nicht signifikant.

Hypotherm: In den Gruppen A und C schwankt der K-Gehalt der Erythrozyten um 5 mÄq/l und zeigt ebenfalls keine signifikanten Veränderungen.

3.4. Kalium-bilanz: Änderung des K im Rest-IZR pro Stunde (s. Abb. III)

Normotherm: In der Phase I ist der K-Verlust aus dem Rest-IZR in der Gruppe B (Hal.normoth.) mit 2,53 mÄq/h fast genau so groß wie in Gruppe D (Lyt.Misch. normoth.), wo er 2,8 mÄq/h beträgt. Die im Urin ausgeschiedene Menge K ist in der Gruppe B nicht so groß wie der Verlust aus dem IZR, da im Plasma ein K-Anstieg zu verzeichnen ist. In Gruppe D dagegen kommt es im Plasma zu einem K-Verlust infolge starker K-Ausscheidung im Urin.

In der Phase IIa (2.-16.h) ist der K-Verlust aus dem IZR in Gruppe B mit 2,5 mÄq/h genau so groß wie in der Phase I, aber höher als in der Phase IIa der Gruppe D (1,8 mÄq/h). Diese Menge K wird bei den Halothan-Narkosen völlig im Urin ausgeschieden, während bei den Narkosen mit Lyt.Misch. ein kleiner Teil im Plasma zurückbehalten wird. In der Phase IIb (16.-24.h) ist der K-Verlust etwas verringert und beträgt in Gruppe B 2,3 mÄq/h und in Gruppe D 1,55 mÄq/h. Auch dieser Verlust wird

nicht völlig im Urin ausgeschieden, was zu einem leichten Anstieg im Plasma führt (s.Abb.I).

Hypotherm: In der Phase I zeigt der K-Verlust aus dem IZR in Gruppe A (Hal.hypoth.) mit 4,2 mÄq/h gegenüber der Gruppe C (Lyt.Misch.hypoth.) mit 0,98 mÄq/h einen deutlich erhöhten Wert und wird in beiden Gruppen vollständig im Urin ausgeschieden. In Gruppe A (Hal.hypoth.) ist die im Urin erschienene Menge mit 5,6 mÄq/h (s.Tab.15) viel größer als der K-Verlust des IZR von 4,2 mÄq/h. Diese Differenz resultiert aus einem signifikanten K-Verlust des Plasmas (s.Abb.I). Ähnliche Veränderungen zeigen sich in Gruppe C.

In der Phase IIa (2.-6.h) zeigt der K-Verlust in der Gruppe A mit 0,83 mÄq/h eine deutliche Verminderung gegenüber dem Wert der Phase I, während in Gruppe C ein Anstieg des K-Verlustes auf 1,27 mÄq/h zu verzeichnen ist. In beiden Gruppen wird diese intrazelluläre Menge K vollständig im Urin ausgeschieden. In der Gruppe A steigt in der Phase IIb (6.-24.h) der K-Verlust auf den Wert von 1,05 mÄq/h an, und unter Lyt. Mischung fällt er auf 0,75 mÄq/h. In beiden Gruppen wird das K aber nur zum Teil im Urin ausgeschieden, während der Rest im Plasma bleibt mit einem gleichzeitigen leichten Anstieg des K in den Erythrozyten (s.Abb.II). Inwieweit diese intrazellulären K-Änderungen in der Phase IIb auf die Wirkung der Narkosemittel zurückzuführen sind, ist nicht sicher feststellbar, da die Tierzahl in der Phase IIb nur noch $n = 2$ ist gegenüber $n = 6$ in der Phase I.

Kalium-Spiegel im Plasma

=====

Tabelle 2

HALOTHAN, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
3,65 mÄq/l	3,23 mÄq/l	3,12 mÄq/l	3,08 mÄq/l
3,1	3,85	3,41	4,26
3,5	3,25	3,88	3,81
3,6	4,4	4,19	5,55
2,6	3,27		
3,56	3,35		
Sa=20,01	21,35	14,60	16,70
$\alpha = 3,33$	3,55	3,65	4,17
$\delta = \pm 0,41$	$\pm 0,47$	$\pm 0,47$	$\pm 1,03$
n= 6	6	4	4

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
3,3 mÄq/l	2,7 mÄq/l	3,8 mÄq/l	4,1 mÄq/l
2,82	2,6	3,19	3,5
3,08	2,55	3,77	4,1
3,22	3,08	3,27	2,8
3,8	3,8	3,0	2,6
3,36	2,72	2,68	
2,97	2,85		
Sa=22,55	20,30	19,71	17,2
$\alpha = 3,22$	2,9	3,28	3,4
$\delta = \pm 0,3$	$\pm 0,42$	$\pm 0,42$	$\pm 0,7$
n= 7	7	6	5

Kalium-Spiegel im Plasma

=====

Tabelle 3

HALOTHAN, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
4,3 mÄq/l	3,4 mÄq/l	2,03 mÄq/l	2,81 mÄq/l
3,55	3,35	2,99	4,83
3,51	3,48	2,22	
3,4	2,54	3,20	
3,97	2,79		
3,85	2,4		
3,85	2,73		
Sa=26,43	20,69	10,44	7,64
$\alpha = 3,77$	2,95	2,61	3,82
$\delta = \pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,56$	
n= 7	7	4	2
	$Q_0/I=4,8$		
	Z=3,7		

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
3,65 mÄq/l	2,72 mÄq/l	2,58 mÄq/l	2,35 mÄq/l
3,65	2,6	2,2	2,63
3,0	2,5	2,03	1,97
3,3	2,5	2,23	
2,93	2,12		
3,65	2,11		
3,58			
3,41			
Sa=27,17	14,55	9,04	6,95
$\alpha = 3,39$	2,42	2,26	2,31
$\delta = \pm 0,28$	$\pm 0,24$	$\pm 0,22$	
n= 8	6	4	3
	$Q_0/I=9,7$		
	Z=3,7		

Kalium-Spiegel in den Erythrozyten

Tab. 4

HALOTHAN, normotherm:

Beginn	!	Phase I (2 h)	!	Phase IIa (16 h)	!	Phase IIb (24 h)
5,25 mÄq/l		5,05 mÄq/l		4,75 mÄq/l		4,2 mÄq/l
5		5		4,5		4,6
5		4,9		4		3,5
4,69		4,85		4,6		4,4
4,25		4				
4,75		3,9				
Sa= 28,94		27,70		17,85		16,7
α = 4,82		4,6		4,46		4,17
δ = $\pm$ 0,33		$\pm$ 0,52		$\pm$ 0,31		$\pm$ 0,48
n= 6		6		4		4

LYT.MISCHUNG, normotherm:

Beginn	!	Phase I (2 h)	!	Phase IIa (16 h)	!	Phase IIb (24 h)
5,98 mÄq/l		5,57 mÄq/l		5,95 mÄq/l		5,55 mÄq/l
5,1		4,65		5,5		4,77
6,18		5,5		5,5		5,05
5,6		5,1		5,1		14,00
8,75		9,5		10,2		4,1
5,25		5		4,75		
5		5		5		
Sa= 41,86		40,32		42,00		33,47
α = 5,98		5,76		6,00		6,69
δ = $\pm$ 1,3		$\pm$ 1,68		$\pm$ 1,89		$\pm$ 4,1
n= 7		7		7		5

Kalium-Spiegel in den Erythrozyten

=====

Tab. 5

HALOTHAN, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
7,0 mÄq/l	6,6 mÄq/l	5,35 mÄq/l	4,55 mÄq/l
5,1	4,75	4,35	5,15
4,5	4,45	3,9	4,15
5,4	5,0	4,35	
4,75	4,45		
4,4	4,15		
4,5	4,75		
Sa=35,65	34,15	17,95	13,85
$\alpha = 5,09$	4,88	4,49	4,61
$\delta = \pm 0,91$	$\pm 0,8$	$\pm 0,61$	
n= 7	7	4	3

LYT.MISCHUNG, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
5,0 mÄq/l	4,65 mÄq/l	4,15 mÄq/l	5,0 mÄq/l
4,9	5,2	5,3	5,10
6,0	4,75	4,8	5,65
5,9	4,9	4,55	4,5
4,75	5,0		
5,8	4,3		
5,78			
4,5			
Sa=42,63	28,80	18,80	20,25
$\alpha = 5,32$	4,8	4,7	5,06
$\delta = \pm 0,6$	$\pm 0,3$	$\pm 0,48$	$\pm 0,47$
n= 8	6	4	4

Tab. 6

HALOTHAN-O₂, normotherm

Gesamt-K der Erythrozyten

Hd'	h ⁺)	K _E ⁺)	Δ	Plasmavol.	Ery.Gesamtvol. ⁺)	Gesamt-K ⁺ der Erythroz. mäg
		mäg/l	mäg/l	(l)	(l)	
16	0	5,25	} -0,2	0,92	1,38	-0,276
	2	5,05				
17	0	5	} 0	0,774	1,26	0
	2	5				
18	0	5	} -0,1 -0,15 -0,55	0,7	0,967	-0,0967
	2	4,9				-0,1450
16		4,75				-0,5300
24		4,2				-0,7717
19	0	4,69	} +0,16 -0,35 +0,1	1,4	2,1	+0,336
	2	4,85				-0,735
16		4,5				+0,210
24		4,6				-0,189
20	0	4,25	} -0,25 0 -0,5	1,225	2,86	+0,715
	2	4				0
16		4				-1,430
20		3,5				-0,715
21	0	4,75	} -0,85 +0,7 -0,2	0,5	0,852	-0,724
	2	3,9				+0,596
16		4,6				-0,170
21 1/2		4,4				-0,298

+) n = Stunden nach Narkosebeginn

K_E = Kalium in Erythrozyten

Ery.Gesamtvol. = $\frac{\text{Plasmavol} \times \text{Htk}}{100 - \text{Htk}}$

Htk = Hämatokrit

Tab. 7

HALOTHAN, hypotherm

Gesamt-K der Erythrozyten

Hd	h^+	$K_E^+)$	Δ	'Plasmavol.	'Ery.Gesamtvol. ^{+) (1)}	'Gesamt-K ⁺ der Erythrozyten mäg
		mäg/l	mäg/l	(1)	(1)	
2	$\frac{0}{5}$	7,6	} -0,4	0,55	0,45	0,18
3	$\frac{0}{3}$	5,1	} -0,35	1,325	2,46	-0,86
	3/4	4,75	} -0,35			-0,86
	17	4,4				-1,35
	24	3/4	} -0,55			3,07
	<u>49</u>	3,85	)			
4	$\frac{0}{4}$	4,5	} -0,05	0,4	0,55	+0,027
		4,45				+0,248
	19	1/2	} +0,45			-0,193
	<u>29</u>	1/2	} -0,35			+0,028
		4,55	)			
22	$\frac{0}{2}$	5,4	} -0,4	1,17	1,75	-0,7
	1/4	5				+0,61
	6	1/4	} +0,35			-0,35
	24	1/4	} -0,2			-0,35
	<u>28</u>	1/4	} -0,2			-0,79
		4,95	)			
23	$\frac{0}{2}$	4,75	} -0,3	1,05	1,34	-0,402
	1/2	4,45				-0,134
	6	1/2	} -0,1			-0,0268
	24	1/2	} -0,2			-0,804
		4,15	)			
24	$\frac{0}{2}$	4,4	} -0,25	0,6	0,58	-0,145
		4,15				-0,145
	6	3,9	} -0,25			-0,290
			)			
25	$\frac{0}{2}$	4,5	} +0,25	0,85	0,78	+0,195
		4,75				-0,312
	6	4,35	} -0,4			-0,117
			)			

^{+) h} = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungs-
beginn
Beispiel: Tab. 11 S. 41

K_E = Kalium in Erythrozyten

Ery.Gesamtvol. = $\frac{\text{Plasmavol} \times \text{Htk}}{100 - \text{Htk}}$

Htk = Hämatokrit

Tab. 8

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm

Gesamt-K der Erythrozyten

Ed' h⁺) , K_E⁺) , Δ 'Plasmavol. 'Ery.Gesamtvol.⁺) , Gesamt-K⁺
mäq/l mäq/l (1) (1) der
Erythroz.
mäq

10	0	5,98	} -0,41 +0,38 -0,4	0,926	0,617	-0,252
	1 3/4	5,57		+0,234		
	15 3/4	5,95		-0,246		
	24	5,55		-0,264		
11	0	5,1	} -0,45 +0,85 -0,73	1,225	1,835	-0,826
	2 1/4	4,65		+1,560		
	15 3/4	5,5		-1,340		
	23 1/4	4,77		-0,594		
12	0	6,18	} -0,68 0 -0,45	0,95	1,425	-0,97
	2	5,5		0		
	15 3/4	5,5		-0,64		
	23 1/4	5,05		-1,61		
13	0	5,6	} -0,5 0	1,02	1,53	-0,765
	1 3/4	5,1		0		
	16 1/4	5,1		-0,765		
14	0	8,75	} +0,75 +0,7 +3,8	1	1,5	+1,125
	2 1/4	9,5		+1,050		
	16 1/4	10,2		+5,700		
	23 3/4	14		+7,875		
15	0	5,25	} -0,25 -0,25 -0,65	0,75	1,08	-0,27
	4 1/2	5		-0,27		
	15 1/4	4,75		-0,7		
	23	4,1		-1,14		
8	0	5	} 0 0	0,9	1,35	0
	2 1/2	5		0		
	20	5				

+))

h = Stunden nach Narkosebeginn

K_E = Kalium in Erythrozyten

Ery.Gesamtvol. = $\frac{\text{Plasmavol} \times \text{Htk}}{100 - \text{Htk}}$

Htk = Hämatokrit

Tab. 9

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm

Gesamt-K der Erythrozyten

Hd' h ^{+) ,}	K _E ^{+) ,}	Δ	'Plasmavol. (1)	'Ery.Gesamtvol. (1)	'Gesamt-K ⁺ der Erythrozyten mäq
mäq/l	mäq/l				
5 0 3 3/4	5,0 4,65	} -0,35	1,0	2,22	-0,776
6 0 4 1/2 20 1/2	4,9 4,4 7,25	} -0,5 +2,85	0,55		
7 0 4 3/4 22 3/4	6 5,15 5	} -0,85 -0,15	1,45	0,746	-0,063 -0,011 -0,074
9 0 3 12 17 1/2 24 3/4	5,9 5,2 5,1 4,95 4,5	} -0,7 -0,1 -0,15 -0,45	1,31	2,33	-1,63 -0,23 -0,35 -1,05 -3,26
26 0 2 6	4,75 4,75 4,15	} 0 -0,6	0,9	0,76	0 -0,045 -0,045
27 0 2 6	5,8 4,9 5,3	} -0,9 +0,4	0,874	0,945	-0,085 +0,038 -0,047
28 0 2 3/4 6 3/4 23 3/4 25 1/4	5,78 5 4,8 5,65 4,5	} -0,78 -0,2 +0,85 -1,15	1,3	1,12	-0,875 -0,224 +0,952 -1,290 -1,437
29 0 I 3/4 5 3/4 24 24 3/4	4,5 4,3 4,55 4,5 4,15	} -0,2 +0,25 -0,05 -0,35	1,225	1,04	-0,208 +0,260 -0,052 -0,364 -0,364

+)
h = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungsbeginn
Beispiel: Tab. 11 S. 41

K_E = Kalium in Erythrozyten

Ery.Gesamtvol. = $\frac{\text{Plasmavol.} \times \text{Htk}}{100 - \text{Htk}}$

Htk = Hämatokrit

Tab. 10

HALOTHAN-O₂, normotherm

Gesamt-K i. EZR

Hd	n ⁺)	K _p mäq/l	Δ mäq/l	EZR 1 15% d. d. t.	'Δx EZR' mäq	'K _{Urin} ' mäq	'Bilanz' mäq	'Zufuhr' mäq	'K-ges. i. EZR' mäq
16	0	3,65	}-0,42	2,76	-1,16	0,76	-0,4	0	10,09
	2	3,23							
17	0	3,1	}+0,75	2,32	+1,74	6,39	+ 8,1	0	7,2
	2	3,85							
18	0	3,5	}-0,25	2,10	-0,51	3,08	+ 2,5	0	7,35
	2	3,25							
	16	3,12	-0,13		-0,273	42,4	+42,1		
	24	3,08	-0,04		-0,084	19,35	+19,2		
19	0	3,6	}+0,8	4,20	+3,36	3,05	+ 6,4	0	15,12
	2	4,4							
	16	3,41	-0,99		-4,16	52,0	+47,8		
	24	4,26	+0,85		+3,57	43,2	+46,7		
20	0	2,6	}+0,67	3,68	+2,46	8,47	+10,9	0	9,56
	2	3,27							
	16	3,88	+0,61		+2,24	14,25	+16,4		
	20	3,81	-0,07		-0,258	7,11	+ 6,8		
21	0	3,56	}-0,21	1,50	-0,315	3,08	+ 2,7	0	5,34
	2	3,35							
	16	4,19	+0,84		+1,260	33,81	+35,0		
	21 1/2	5,55	+1,36		+2,020	0,8	+ 2,8		

+_n = Stunden nach Narkosebeginn

HALOTHAN, hypotherm

Gesamt-K i. EZR

Hd	$h^+)$	$K_p^+)$	Δ	EZR	$\Delta x \text{ EZR}$	K_{Urin}	Bilanz	Zufuhr	K-ges i. EZR
		mäq/l	mäq/l	15% d. KG	mäq	mäq	mäq	mäq	mäq
2	0 5	4,3 3,4	} -0,9	1,65	-1,484	17,2	+15,7	0	7,10
3	0 3 3/4 17 24 3/4 49	3,55 3,35 3,32 4,28 3,70	} -0,2 -0,03 +0,96 -0,58	3,98	-0,796	9,82 + 9,0	0	0	14,12
4	0 4 19 1/2 29 1/2	3,51 3,48 2,4 3,91	} -0,03 -1,08 +1,51	1,2				0	4,22
22	0 2 1/4 6 1/4 24 1/4 28 1/4	3,4 2,54 2,03 2,81 4,31	} -0,86 -0,51 +0,79 +1,49	3,52	-3,03 -1,795 +2,78 +5,25	20,4 2,12 + 0,33 29,90 + 32,68 0,85 + 6,1		0	11,98
23	0 2 1/2 6 1/2 24 1/2	3,97 2,79 2,99 4,83	} -1,18 +0,2 +1,84	3,15	-3,72 +0,63 +5,80	9,95 + 6,23 1,64 + 2,27 0 + 5,8		0	12,5
24	0 2 6	3,85 2,4 2,22	} -1,45 -0,18	1,8	-2,61 -0,324	0 8,46 + 8,14	- 2,61	0	6,93
25	0 2 6	3,85 2,73 3,20	} -1,12 +0,47	2,55	-2,86 +1,20	10 1,43 + 2,63	+ 7,14	0	9,82

$h^+)$ h = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungsbeginn

Beispiel:

a = Blutentnahme nach Narkosebeginn in Normothermie

b = " " Absinken der Körpertemperatur auf gewünschten Unterkühlungswert (Ende Phase I)

c = Blutentnahme nach 6 Stunden (" " IIa)

d = " vor Beginn der Wiedererwärmung (Ende Phase IIb)

e = " unmittelbar nach Erreichen der normalen Körpertemperatur

f = " in Normothermie

K_p = Kalium im Plasma

Tab. 12

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm

Gesamt-K i. EZR

Ha'	h ^{+) 'K_p}	' Δ	'EZR	' Δ xEZR	'K _{Urin}	'Bilanz	'Zufuhr	'K-ges					
	mää/l	mäg/l	15% d. KG	mäg	mäg	mäg	mäg	i. EZR mäg					
10	0	3,3	} -0,6	2,78	-1,67	12,04	+10,3	0	9,17				
	1 3/4	2,7									+3,06	16,05	+19,1
	15 3/4	3,8									+0,834	3,72	+ 4,5
	24	4,1											
			} +1,1										
			} +0,3										
11	0	2,82	} -0,22	3,68	-0,81	2,38	+ 1,5	0	10,38				
	2 1/4	2,6									+2,17	25,82	+27,9
	15 3/4	3,19									+1,14	15,95	+17,0
	23 1/4	3,5											
			} +0,59										
			} +0,31										
12	0	3,08	} -0,53	2,85	-1,51	4,14	+ 2,6	0	8,78				
	2	2,55									+3,48	9,83	+13,3
	15 3/4	3,77									+0,94	2,34	+ 3,2
	23 1/4	4,1											
			} +1,22										
			} +0,33										
13	0	3,22	} -0,14	3,06	-0,428	5,16	+ 4,7	0	9,85				
	1 3/4	3,08									+0,581	29,00	+29,5
	16 1/4	3,27											
			} +0,19										
14	0	3,8	} 0	3,0	0	14,30	+14,3	0	11,4				
	2 1/4	3,8									-2,4	59,00	+56,6
	16 1/4	3									-0,6	28,81	+28,2
	23 3/4	2,8											
			} -0,8										
			} -0,2										
15	0	3,36	} -0,64	2,25	-1,44	4,47	+3,0	0	7,56				
	4 1/2	2,72									-0,09	1,65	+1,5
	15 1/4	2,68									-0,18	6,67	+6,4
	23	2,6											
			} -0,04										
			} -0,08										
8	0	2,97	} -0,12	2,70	-0,324	4,88	+4,5	0	8,02				
	2 1/2	2,85									+0,459		
	20	3,02											
			} +0,17										

+) h = Stunden nach Narkosebeginn

K_p = Kalium im Plasma

Tab. 13

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm

Gesamt-K i. EZR

Ha'	h ⁺)	K _p ⁺)	Δ	EZR 1 15% d. KG	Δx EZR mäq	K _{Urin} mäq	'Bilanz' mäq	'Zufuhr' mäq	'K-ges i. EZR mäq
5	0 3 3/4	3,65 2,72	-0,93	3,0	-2,79	6,12	+ 3,3	0	10,95
6	0 4 1/2 20 1/2	3,65 3,07 2	-0,58 -1,07	1,65				0	6,03
7	0 4 3/4 22 3/4	3 3,1 2,75	+0,1 -0,35	4,35				0	13,05
9	0 3 12 17 1/2 24 3/4	3,3 2,6 2,35 3,35 2,85	-0,7 -0,25 +1,0 -0,5	3,95	-2,770 -0,987 +3,950 -1,975	17,45 18,25 16,0 3,31	+14,6 +17,2 +19,9 + 1,3	0	13,035
26	0 2 6	2,93 2,5 2,58	-0,43 +0,08	2,70	-1,160 +0,216	1,99 7,08	+ 0,8 + 7,2	0	7,9
27	0 2 6	3,65 2,5 2,2	-1,15 -0,3	2,62	-3,01 -0,786	1,04 6,84	- 1,9 + 6,0	0	9,55
28	0 2 3/4 6 3/4 23 3/4 25 1/4	3,58 2,12 2,03 2,63 3,4	-1,46 -0,09 +0,6 +0,77	3,90	-5,69 -0,35 +2,34 +3	7,81 2,74 8,47 0	+ 2,1 + 2,3 +10,8 + 3	0	13,95
29	0 1 3/4 5 3/4 24 24 3/4	3,41 2,11 2,23 1,97 2,38	-1,3 +0,12 -0,26 +0,41	3,68	-4,78 +0,44 -0,95 +1,51	1,29 4,13 15,75 3,55	- 3,4 + 4,5 +14,8 + 5,0	0	12,55

^{+)h} = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungsbeginn
Beispiel: s. Tab. 11 S. 41

K_p = Kalium im Plasma

Tab. 14

Kalium im Urin

=====

HALOTHAN: hypotherm

normotherm

=====

Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)	Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)
17,2	2,12	29,90	0,77	42,4	19,35
9,8	1,64	0	6,39	52,0	43,20
20,4	8,46		3,08	14,2	7,11
9,9	1,43		3,05	33,8	0,80
0			8,47		
10,0			3,08		
Sa= 67,3	13,65	29,90	24,84	142,4	70,46
a= 11,2	3,66	14,95	4,14	35,6	17,61
δ= ±7,08	±3,87		±2,78	±16,01	±18,70
n= 6	4	2	6	4	4

LYT.MISCHUNG: hypotherm

normotherm

=====

Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)	Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)
6,10	7,08	8,47	12,04	16,05	3,72
17,45	6,86	15,75	2,38	25,82	15,95
1,99	2,74		4,14	9,83	2,34
1,04	4,13		5,16	29,00	28,81
7,81			14,30	59,00	6,67
1,29			4,47	1,65	
			4,88		
Sa= 35,68	20,81	24,22	47,37	141,35	57,49
a= 5,94	5,20	12,11	6,76	23,55	11,49
δ= ±6,30	±2,10		±4,54	±20,10	±11,0
n= 6	4	2	7	6	5

ab. 15

Kalium-Bilanz der Phase I

=====

HALOTHAN, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
- 1,48 mäs		-0,18 mäs		17,2 mäs		+ 15,53 mäs
- 0,79		-0,86		9,82		+ 8,16
- 3,03		-0,7		20,40		+ 16,67
- 3,72		-0,40		9,95		+ 5,83
- 2,61		-0,145		0		- 2,75
- 2,86		+0,195		10		+ 7,33
Sa= -14,49		-2,09		67,3		+ 50,77
a= - 2,41		-0,35		11,2		+ 8,46
pro h= - 1,20		-0,17		5,6		+ 4,23
n= 6		6		6		6

HALOTHAN, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
- 1,16 mäs		-0,27 mäs		0,77 mäs		- 0,66 mäs
+ 1,74		0		6,39		+ 8,14
- 0,51		-0,09		3,08		+ 2,48
+ 3,36		+0,34		3,05		+ 6,74
+ 2,46		+0,70		8,47		+11,60
- 0,31		-0,70		3,08		+ 2,07
Sa= + 5,58		-0,02		24,84		+30,37
a= + 0,93		-0,003		4,14		+ 5,06
pro h= + 0,46		-0,001		2,07		+ 2,53
n= 6		6		6		6

Tab. 16

Kalium-Bilanz der Phase I
=====

LYT.MISCHUNG, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
- 2,79 mäg		-0,77 mäg		6,10 mäg		+ 2,53 mäg
- 2,77		-1,60		17,45		+13,00
- 1,16		0		1,99		+ 0,83
- 3,01		-0,08		1,04		- 2,05
- 5,69		-0,87		7,81		+ 1,35
- 4,78		-0,20		1,29		- 3,69
Sa= -20,20		-3,52		35,68		+11,85
α = - 3,36		-0,58		5,94		+ 1,97
pro h= - 1,66		-0,29		2,97		+ 0,98
n= 6		6		6		6

LYT.MISCHUNG, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
- 1,67 mäg		-0,25 mäg		12,04 mäg		+10,12 mäg
- 0,81		-0,82		2,38		+ 0,75
- 1,51		-0,97		4,14		+ 1,66
- 0,42		-0,76		5,16		+ 3,97
0		+1,12		14,30		+15,42
- 1,44		-0,27		4,47		+ 2,76
- 0,32		0		4,88		+ 4,55
Sa= - 6,17		-1,97		47,37		+39,23
α = - 0,88		-0,27		6,76		+ 5,60
pro h= - 0,44		-0,13		3,38		2,8
n= 7		7		7		7

Tab. 17

Kalium-Bilanz der Phase IIa

=====

HALOTHAN, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
-1,79 mäs		+0,61 mäs		2,12 mäs	+	0,94 mäs
+0,63		-0,13		1,64	+	2,14
-0,32		-0,14		8,46	+	8,00
+1,20		-0,31		1,43	+	2,32
Sa= -0,28		+0,03		13,65	+	13,40
a= -0,07		+0,01		3,66	+	3,35
pro h= -0,01		+0,00		0,91	+	0,83
n= 4		4		4		4

HALOTHAN, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
-0,27 mäs		-0,14 mäs		42,4 mäs	+	41,99 mäs
-4,16		-0,74		52,0	+	47,10
+2,24		0		14,2	+	16,49
+1,26		+0,60		33,8	+	35,67
Sa= -0,93		-0,28		142,4	+	141,25
a= -0,23		-0,07		35,6	+	35,31
pro h= -0,01		-0,00		2,54	+	2,5
n= 4		4		4		4

Tab. 18

Kalium-Bilanz der Phase IIa
=====

LYT.MISCHUNG, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
+0,21 mäs		-0,04 mäs		7,08 mäs	+	7,26 mäs
-0,78		+0,04		6,86	+	6,11
-0,35		-0,22		2,74	+	2,17
+0,44		+0,26		4,13	+	4,83
Sa=-0,48		+0,04		20,81	+	20,37
α =-0,12		+0,01		5,20	+	5,09
pro h=-0,03		+0,00		1,30	+	1,27
n= 4		4		4		4

LYT.MISCHUNG, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
+3,06 mäs		+0,23 mäs		16,05 mäs	+	19,34 mäs
+2,17		+1,56		25,82	+	29,55
+3,48		0		9,83	+	13,31
+0,58		0		29,00	+	29,58
-2,4		+1,05		59,00	+	57,65
-0,09		-0,27		1,65	+	1,29
Sa=+6,80		+2,57		141,35	+	150,72
α =+1,13		+0,43		23,55	+	25,12
pro h=+0,08		+0,03		1,7	+	1,8
n= 6		6		6		6

Tab.19

Kalium-Bilanz der Phase IIb

=====

HALOTHAN, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
+2,78 mäs		-0,35 mäs		29,9 mäs		+32,33 mäs
+5,80		-0,27		0		+ 5,53
Sa= +8,58		-0,62		29,9		+37,86
a= +4,29		-0,31		14,95		+18,93
pro h= +0,23		-0,17		0,83		+ 1,05
n= 2		2		2		2

HALOTHAN, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
-0,08 mäs		-0,53 mäs		19,35 mäs		+18,67 mäs
+3,57		+0,21		43,20		+46,91
-0,25		-1,43		7,11		+ 5,37
+2,02		-0,17		0,80		+ 2,63
Sa= +5,26		-1,92		70,46		+73,58
a= +1,31		-0,50		17,61		+18,40
pro h= +0,16		-0,06		2,21		+ 2,30
n= 4		4		4		4

Tab. 20

Kalium-Bilanz der Phase IIb

=====

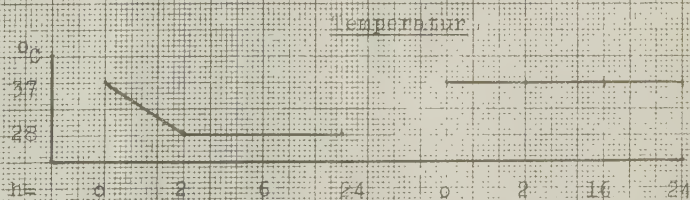
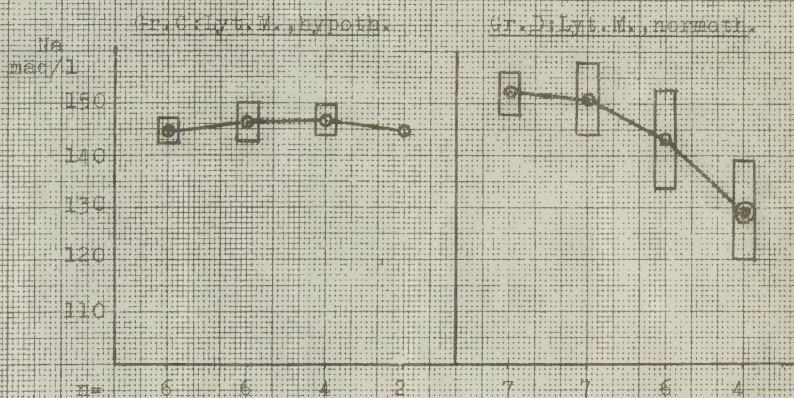
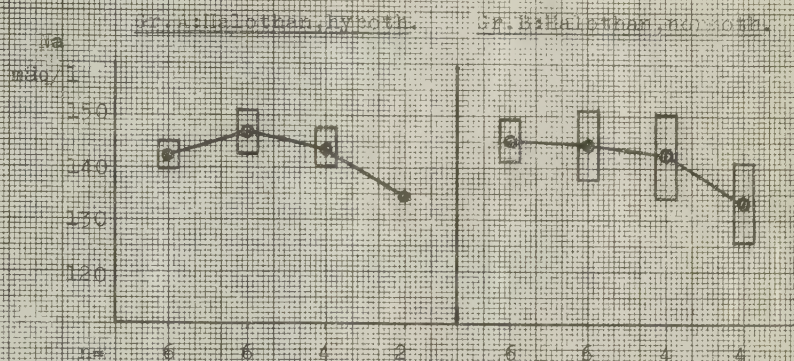
Lyt.Mischung, hypotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
+2,34 mäs		+0,95 mäs		8,47 mäs		+11,75 mäs
-0,95		-0,05		15,75		+14,75
Sa= +1,39		+0,90		24,22		+26,50
α = +0,69		+0,45		12,11		+13,25
pro h= +0,04		+0,02		0,67		+ 0,75
n= 2		2		2		2

Lyt.Mischung, normotherm

ΔK_{EZR}	+	ΔK_E	+	K_{Urin}	=	ΔK_{IZR}
+0,83 mäs		-0,25 mäs		3,72 mäs		+ 4,25 mäs
+1,14		-1,34		15,95		+15,66
+0,94		-0,64		2,34		+ 2,56
-0,6		+5,70		28,81		+33,90
-0,18		-0,70		6,67		+ 5,70
Sa= +2,13		+2,77		57,49		+62,07
α = +0,42		+0,55		11,49		+12,41
pro h= +0,05		+0,07		1,43		+ 1,55
n= 5		5		5		5

Natrium in Serum



3.5. Verhalten des Na im Serum:

=====

Normotherm: Die Gruppe B (Halothan) zeigt in den ersten 2 h nach Narkosebeginn fast keine Veränderung der Höhe des Na-Spiegels.

Ebenso verhielt sich die Gruppe D (Lyt.Misch.). In der Phase IIa fällt der Na-Spiegel in der Gruppe B nur leicht von anfänglich 145 auf 142 mEq Na/l Serum, während die Gruppe D einen deutlichen Abfall des Mittelwertes von 152 auf 143 mEq/l erkennen lässt.

In den folgenden 8 h der Phase IIb zeigt sich in der Gruppe B ein weiterer leichter Abfall auf 133 mEq/l, während in der Gruppe D der Mittelwert auf 129,2 mEq/l signifikant gegenüber dem Anfangswert absinkt.

Hypotherm: In den ersten 2 h nach Beginn der Unterkühlung steigt in der Gruppe A (Halothan) der Na-Spiegel von 142 auf 146,9 mEq/l, fällt dann langsam ab bis auf 134 mEq/l nach 24 h Hypothermie.

In der Gruppe C (Lyt.Mischung) bleibt der Na-Spiegel zwischen 144 und 146 mEq/l während 24 h Hypothermie konstant.

Tab. 21

Natrium-Spiegel im Serum
=====

HALOTHAN, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
140,03 mäg/l	134 mäg/l	131 mäg/l	123 mäg/l
145	141	147	138
152	144,5	142	131,5
148,3	153	149,5	140,5
140	150		
145,5	143		
Sa=870,83	865,5	569,5	533,0
α =145,1	144,2	142,3	133,2
δ = $\pm$ 4,1	$\pm$ 6,7	$\pm$ 8,17	$\pm$ 7,8
n= 6	6	4	4

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
151 mäg/l	158 mäg/l	149 mäg/l	137 mäg/l
158	159	156,4	
156	151	132	119
150	146,6	147	138
146,6	143	140	123
148	143	134	
156	156		
Sa=1065,6	1056,6	858,4	517
α = 152,2	150,9	143,0	129,2
δ = $\pm$ 4,42	$\pm$ 6,9	$\pm$ 9,37	$\pm$ 9,6
n= 7	7	6	4
			$Q_0/IIb=5,4$
			Z =3,9

Tab. 22

Natrium im Serum

=====

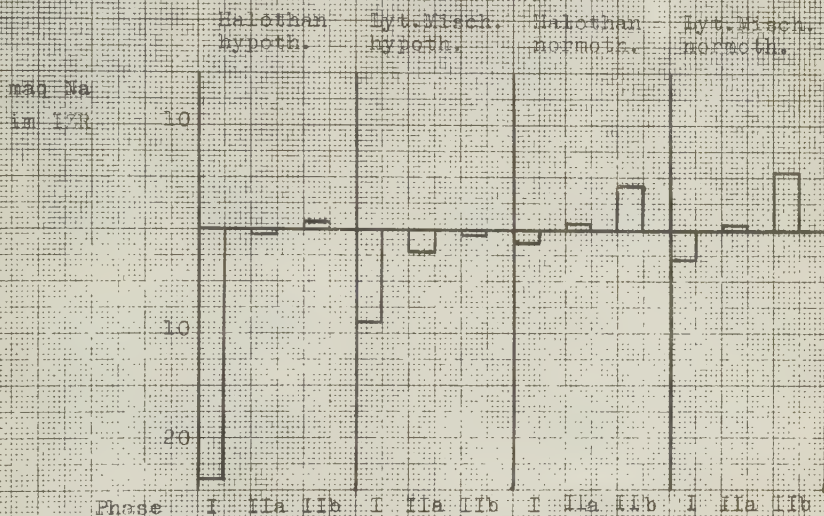
HALOTHAN, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
141,5 mäs/l	152 mäs/l	144 mäs/l	129,5 mäs/l
139,5	152	140,3	139,3
142	143	142,2	
140,8	146	149	
146,6	143		
144	145,6		
Sa=854,4	881,6	575,5	268,8
α =142,4	146,9	143,8	134,4
δ = $\pm$ 2,53	$\pm$ 4,1	$\pm$ 3,7	
n= 6	6	6	2

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
143 mäs/l	151 mäs/l	146 mäs/l	146,5 mäs/l
146	140	146,5	142,5
149	145	144	
145	148	150	
143,5	146,5		
142,5	147		
Sa=869,0	877,5	586,5	289,0
α =144,8	146,2	146,6	144,5
δ = $\pm$ 2,42	$\pm$ 3,7	$\pm$ 2,5	
n= 6	6	4	2

Natrium-Bilanz pro Stunde



A. 5. V

Na-Zuwachs in IZR

Na-Verlust in IZR

3.6. Natrium-Bilanz: Änderung des Na im IZR pro Stunde (s. Abb. V)

$\Delta \text{Na IZR/h} = (\Delta \text{Na IZR} + \text{Na}_{\text{Urin}} - \text{Na}_{\text{Zufuhr}}) : h$ der Phase
Die Änderungen des Natrium im IZR sind nicht signifikant.

Normotherm: In der Gruppe B (Hal.normoth.) ist in den ersten 2 h nach Narkosebeginn der Natrium-Verlust aus dem IZR mit 1,3 mäs/h etwas kleiner als in der Gruppe D (Lyt.M.normoth.), wo er 2,95 mäs/h beträgt.

In der Phase IIa (2.-16.h) ist ein Zuwachs des Na im IZR in Gruppe B von 0,47 und in Gruppe D von 0,38 mäs/h zu verzeichnen.

In der Phase IIb (16.-24.h) vergrößert sich dieser Zuwachs im IZR in der Gruppe B um 4,15 und in der Gruppe D um 5,8 mäs/h.

Hypotherm: In der Gruppe A (Hal.hypoth.) ist in der Phase I der Na-Verlust aus dem IZR mit 23,7 mäs/h über doppelt so groß wie in Gruppe C (Lyt.M.hypoth.), wo er 8,85 mäs/h beträgt, und 18 mal so groß wie in Gruppe B.

Dagegen verringert sich der Na-Verlust in der Phase IIa (2.-6.h) in der Gruppe A auf 0,22 mäs/h, während in der Gruppe C ein langsamerer Abfall auf 2,02 mäs/h im IZR zu verzeichnen ist.

In der Phase IIb (6.-24.h) steigt in der Gruppe A das Na im IZR an auf 0,54 mäs/h, während in der Gruppe C immer noch ein Abfall von 0,16 mäs/h vorliegt.

HALOTHAN-O₂, normothermGesamt-Na i. EZR

Hd	h ⁺)	'Na _S ⁺)	'Δ	'EZR	'ΔxEZR	'Na _{Urin}	'Bilanz	'Zufuhr	'Na-ges i. EZR
		mäq/l	mäq/l	15% d. KG	mäq	mäq	mäq	mäq	mäq
16	0	140	}- 6	2,76	-16,56	1,224	-15,3	38	386
	2	134							
17	0	145	}- 4	2,32	- 9,28	2,35	- 6,9	1,5	337
	2	141							
18	0	152	}-7,5 -13,5 -8	2,1	-15,75	9,9	- 5,8	0,83	319
	2	144,5							
	16	131							
	24	123							
19	0	148,3	}+4,7 -6 -9	4,2	+19,7	3,6	+23,3	0,2	624
	2	153							
	16	147							
	24	138							
20	0	140	}+10 - 8 -10,5	3,68	+36,8	27,6	+64,4	0,2	515
	2	150							
	16	142							
	20	131,5							
21	0	145,4	}- 2,5 + 6,5 - 9,5	1,50	- 3,75	1,3	- 2,4	0,95	218
	2	143							
	16	149,5							
	21 1/2	140,5							

+)

h = Stunden nach Narkosebeginn

Na_S = Natrium im Serum

Tab.24

HALOTHAN, hypotherm

Gesamt-Na i. EZR

Hd	h ⁺)	Na _S ⁺)	Δ	EZR	Δx EZR	Na _{Urin}	Bilanz	Zufuhr	Na-ges i. EZR
		mäq/l	mäq/l	1 15% d. KG	mäq	mäq	mäq	mäq	mäq
2	0 5	141,5 152	} +10,5	1,65	+17,32	7,28	+ 24,6	- 6,9	233,8
3	0 3 17 24 41 49	139,5 152 126,5 123 121 125	} +12,5 -25,5 - 3,5 - 2 + 4	3,98	+49,8	7,52	+ 57,3	- 7,5	555
4	0 4 19 29	134 123,5 157 146	} -10,5 +33,5 -11	1,2					162
22	0 2 6 24 28	142 143 144 129,5 129,5	} + 1 + 1 -14,5 0	3,52	+ 3,52 + 3,52 -51 0	99,5 12,7 39,7 0,6	+103,0 + 16,2 - 11,3 + 0,6	+ 0,2 +40,2 + 2,3 + 1,3	500
23	0 2 6 24	140,8 146 140,3 139,3	} + 5,2 - 5,7 - 1	3,15	+16,39 -17,97 - 3,15	40,4 3,27 0	+ 56,8 - 14,7 - 3,1	+ 0,2 + 1,4 + 3	444
24	0 2 6	146,6 143 142,2	} - 3,6 - 0,8	1,8	- 6,48 - 1,44	0 33,8	- 6,4 + 32,2	+ 0,2 + 1,5	264
25	0 2 6	144 145,3 149	} + 1,3 + 3,7	2,55	+ 3,32 + 9,44	31,9 3,74	+ 35,2 - 13,2	+ 0,2 + 0,2	368

+)

h = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungsbeginn
Beispiel: s. Tab. 11 S. 41

Na_S = Natrium im Serum

Tab. 25

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm

Gesamt-Na i.EZR

Hd'	h ⁺⁾	'Na _S ' mäq/l	'Δ' mäq/l	'EZR' 1 15% d. KG	'Δx.EZR' mäq	'Na _{Urin} ' mäq	'Bilanz' mäq	'Zufuhr' mäq	'Na-ges i.EZR mäq
10	0	151	} + 7 - 9 - 12	2,78	+19,46 -25,00 -33,40	18,8 9,68 3,50	+38,26 -15,32 -29,90	0 6,8 65,4	420
1	3/4	158							
15	3/4	149							
24		137							
11	0	158	} + 1 - 2,6	3,68	+ 3,68 - 9,56	0,86 20,7	+ 4,54 +11,14	1 6,5	582
2	1/4	159							
15	3/4	156,4							
12	0	156	} - 5 -19 -13	2,85	-14,25 -54,10 -37,10	8,46 36,2 1,69	- 5,79 -17,90 -35,41	1,5 37,4 33,3	444
2		151							
15	3/4	132							
23	1/2	119							
13	0	150	} - 3,4 + 0,4	3,06	-10,40 + 1,22	10,14 52	- 0,26 +53,22	0,5 53,6	459
1	3/4	146,6							
16	1/4	147							
14	0	146,6	} - 3,6 - 3 - 2	3,00	-10,8 - 9 - 6	28,6 67,6 13,32	+17,8 +58,6 + 7,32	0,7 4,0 2,6	439,8
2	1/4	143							
16	1/4	140							
23	3/4	138							
15	0	148	} - 5 - 9 -11	2,25	-11,25 -20,25 -24,75	2,28 10,82 1,95	- 8,97 - 9,43 -22,80	2,9 4,3 3,3	333
4	1/2	143							
15	1/4	134							
23		123							
8	0	156	} 0 -18	2,70	0 -48,6	3,13	3,13	0,5 51,8	422
2	1/2	156							
20		138							

+)

h = Stunden nach Narkosebeginn

Na_S = Natrium im Serum

Tab. 26

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm

Gesamt-Na i. EZR

Hd	h ⁺)	Na _S	Δ	EZR	Δx EZR	Na _{Urin}	Bilanz	Zufuhr	Na-ges i. EZR
		mäq/l	mäq/l	15% d. KG	mäq	mäq	mäq	mäq	mäq
5	0 3 3/4	143 151	} + 8	3,00	+24	13,85	+37,85	1,5	429
6	0 4 1/2 20 1/2	131 128,5 125	} - 2,5 - 3,5	1,65				4,5 145,0	216
7	0 4 3/4 22 3/4	143 136 137	} - 7 + 1	4,35				3,6 187,0	622
9	0 3 12 17 1/2 24 3/4	146 140 125 145 131	} - 6 -15 +20 -14	3,95	-23,7 -59,3 +79 -55,4	6,22 32,5 19,3	-53,08 +111,5 -36,1	1,5 51,0 44,0 3,3	577
26	0 2 6	149 145 146	} - 4 + 1	2,70	-10,8 + 2,7	4,56 10,84	- 6,24 +13,54	1,3 1,9	403
27	0 2 6	145 148 146,5	} + 3 -1,5	2,62	+ 7,86 - 3,93	3,1 13,75	+10,96 + 9,82	1,2 0,4	380
28	0 2 3/4 6 3/4 23 3/4	143,5 146,5 144 146,5	} + 3 - 2,5 + 2,5	3,90	+11,7 - 9,75 + 9,75	16 2,44 10,27	+27,7 - 7,31 +20,02	1,8 1,0 2,9	560
29	0 I 3/4 5 3/4 24 24 3/4	142,5 147 150 142,5 140,5	} + 4,5 + 3 - 7,5 - 2	3,68	+16,55 +11,04 -27,59 - 7,36	8,94 9,94 19,35 6,29	+25,49 +20,98 - 8,24 - 1,07	1,0 1,2 3,0 1,4	524

+) h = Stunden nach Narkosebeginn bzw. Unterkühlungsbeginn
 Beispiel:
 Na_S = Natrium im Serum

Tab. 27

Natrium im Urin

=====

HALOTHAN: hypotherm

=====

Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)	Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)
7,28	12,70	39,7	1,2	64,1	20,00
7,52	3,3	0	2,3	33,0	6,40
99,50	33,8		9,9	9,4	5,66
40,40	3,7		3,6	49,8	0,19
0			27,6		
31,90			1,3		
Sa=186,60	53,5	39,7	45,9	156,3	32,25
a= 31,10	13,8	19,85	7,65	39,0	8,06
δ=±22,90	±14,2		±10,3	±23,5	±8,4
n = 6	4	2	6	4	4

normotherm

LYT.MISCHUNG: hypotherm

=====

Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)	Phase I (mäq)	!Phase IIa! (mäq)	!Phase IIb (mäq)
13,85	10,84	10,27	18,8	9,68	3,50
4,56	13,75	19,35	0,9	20,70	
3,10	2,44		8,5	36,20	1,69
16,00	9,94		10,1	52,00	13,32
8,90			28,6	67,60	1,95
			2,3	10,80	
			3,1		
Sa=46,41	36,97	29,62	72,3	196,98	20,46
a= 9,28	9,24	14,81	10,3	32,83	5,11
δ=±5,62	±4,80		±10,1	±23,50	±5,5
n = 5	4	2	7	6	4

normotherm

Tab. 28

Natrium-Bilanz

=====

HALOTHAN, normotherm:

Phase I (0.-2.h)	!	Phase IIa (2.-16.h)	!	Phase IIb (16.-24.h)
-53,3 mäs		+32,4 mäs		-22,1 mäs
- 8,4		-26,6		-26,0
- 6,7		-50,1		-63,4
+23,1		+17,8		-21,4
+64,2				
- 3,3				
Sa= +15,6		-26,5		-132,9
a= + 2,6		- 6,6		- 33,2
pro h= + 1,3		- 0,47		- 4,15
n= 6		4		4

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm:

Phase I (0.-2.h)	!	Phase IIa (2.-16.h)	!	Phase IIb (16.-24.h)
+38,3 mäs		-22,1 mäs		- 95,3 mäs
+ 3,5		+ 4,6		
- 7,3		-55,3		- 68,7
- 0,8		- 0,4		+ 4,7
+17,1		+54,6		- 26,1
-11,9		-13,7		
+ 2,6				
Sa= +41,5		-32,3		-185,4
a= + 5,9		- 5,4		- 46,3
pro h= + 2,95		- 0,38		- 5,8
n= 7		6		4

Lab. 29

Natrium-Bilanz
=====

HALOTHAN, hypotherm:

Phase I (0.-2.h)	!	Phase IIa (2.-6.h)	!	Phase IIb (6.-24.)
+ 31,5 mäs		-24,0 mäs		-13,6 mäs
+ 64,8		-16,1		- 6,1
+102,8		+30,7		
+ 56,6		+13,0		
- 6,2				
+ 35,0				
Sa= +284,5		+ 3,6		-19,7
a= + 47,4		+ 0,9		- 9,8
pro h= + 23,7		+ 0,22		-0,54
n= 6		4		2

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm:

Phase I (0.-2.h)	!	Phase IIa (2.-6.h)	!	Phase IIb (6.-24.h)
+ 36,3 mäs		+11,6 mäs		+17,1 mäs
- 7,5		+ 9,4		-11,2
+ 9,7		- 8,3		
+25,9		+19,8		
+24,5				
Sa= +88,9		+32,5		+ 5,9
a= +17,7		+ 8,1		+ 2,9
pro h= +8,85		+ 2,02		+ 0,16
n= 5		4		2

3.7. Hämatokrit und Hämoglobin:

Halothan, normotherm:

Der Hämatokrit bleibt in den ersten 16 h zwischen 62 und 64 % konstant und fällt dann bis auf 58 % nach 24 h Narkose ab.

Das Hämoglobin verhält sich entsprechend und bleibt zwischen 15,2 und 15,1 g% konstant und fällt dann auf 14,24 g%.

Lytische Mischung, normotherm:

Bis 2 h nach Narkosebeginn steigt der Hämatokrit von anfangs 52 auf 55 % und sinkt danach kontinuierlich bis auf 50 % nach 24 h ab. Parallel dazu steigt das Hämoglobin von 13,08 auf 13,98 g% und geht dann bis auf 11,4 g% nach 24 h zurück.

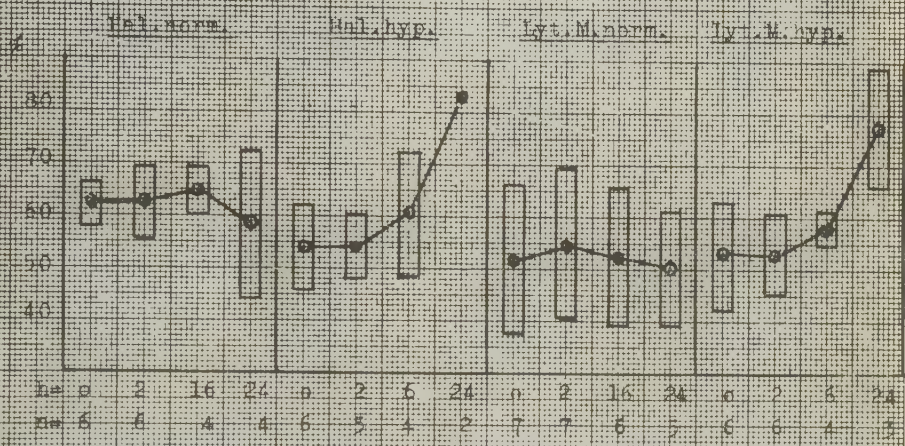
Halothan, hypotherm:

Der Hämatokrit bleibt in den ersten 2 h nach Beginn der Unterkühlung konstant bei 54 %, steigt aber dann bis auf 83 % nach 24 h an. Ähnlich verhält sich das Hämoglobin, das von 13,4 g% am Anfang auf 19,6 g% nach 24 h ansteigt.

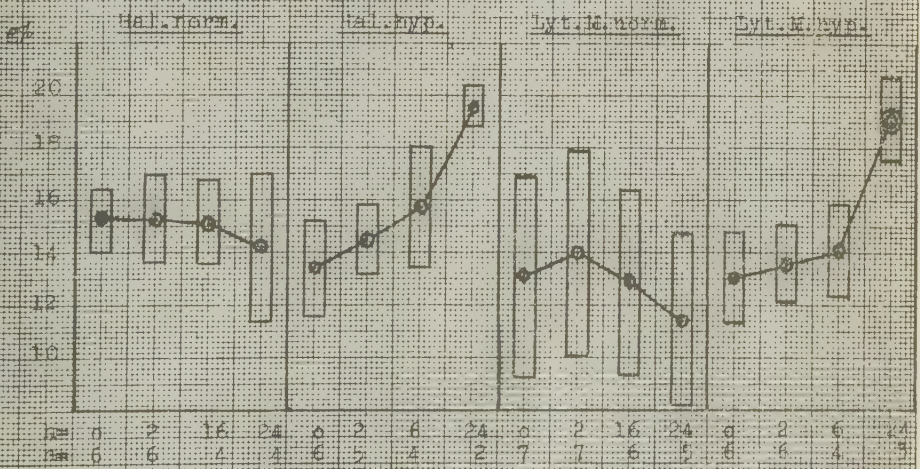
Lytische Mischung, hypotherm:

In den ersten 6 h ist der Hämatokritanstieg von 53 auf 58 % nicht so steil wie beim Halothan. Auch der Wert nach 24 h liegt mit 77,3 % nicht so hoch wie beim Halothan, aber deutlich höher als in Normothermie. Das Hämoglobin steigt in den ersten 6 h von 13,05 auf 14,07 g% und nach 24 h signifikant auf 19,08 g%.

ПАМЯТНИК



ПАМЯТНИК



ПАМЯТНИК

Tab. 30

Hämatokrit
=====

HALOTHAN, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
60 %	58 %	64 %	56 %
62	61	59	50
58	59	69	48
60	57	67	79
70	75		
63	66		
Sa=373	376	259	233
$\alpha = 62,1$	62,6	64,7	58,2
$\delta = \pm 4,2$	$\pm 6,83$	$\pm 4,35$	$\pm 14,25$
n= 6	6	4	4

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
60 %	56 %	53 %	52 %
40	48	57	61
60	61	58	47
60	70	62	33
60	60	26	58
24	26	59	
59	62		
Sa=363	383	315	351
$\alpha = 51,8$	54,8	52,5	50,2
$\delta = \pm 14,3$	$\pm 14,3$	$\pm 13,3$	$\pm 11,0$
n= 7	7	6	5

Tab. 31

Hämatokrit
=====

HALOTHAN, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
45 %	47 %	75 %	83 %
66	63	64	83
60	56	57	
56	54	46	
49	50		
48			
Sa=324	270	242	166
d= 54	54	60,5	83
δ= ±8,06	±6,12	±12,2	
n= 6	5	4	2

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase IIb
69 %	61 %	56 %	64 %
64	64	63	84
44	45	57	84
52	52	56	
44	47		
46	50		
Sa=319	319	232	232
d= 53,1	53,1	58	77,3
δ= ±10,85	±7,68	±3,36	
n= 6	6	4	3

Tab. 32

Hämoglobin

=====

HALOTHAN, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase I
15,09 g%	14,76 g%	14,90 g%	13,32 g%
15,48	14,58	12,96	12,60
13,71	14,22	16,17	12,67
14,07	14,11	16,38	18,39
16,56	18,65		
16,60	15,15		
Sa=91,51	91,47	60,41	56,98
α =15,25	15,24	15,10	14,24
δ = $\pm$ 1,21	$\pm$ 1,71	$\pm$ 1,58	$\pm$ 2,78
n= 6	6	4	4

LYTISCHE MISCHUNG, normotherm:

Beginn	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa	!Ende Phase I
16,02 g%	16,13 g%	12,10 g%	11,16 g%
11,44	12,06	15,12	14,76
14,69	16,23	14,90	11,52
13,53	17,82	15,30	6,15
16,16	15,12	6,12	13,43
5,19	6,12	13,68	
14,54	14,40		
Sa=91,57	97,88	77,22	57,02
α =13,08	13,98	12,87	11,40
δ = $\pm$ 3,83	$\pm$ 3,90	$\pm$ 3,51	$\pm$ 3,28
n= 7	7	6	5

Tab. 33

Hämoglobin

=====

HALOTHAN, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
10,00 g%	13,50 g%	18,65 g%	20,16 g%
14,20	16,09	16,20	19,05
15,26	14,22	14,40	
13,79	13,21	13,50	
12,93	15,48		
14,22			
Sa=80,40	72,50	62,75	39,21
a=13,40	14,50	15,68	19,60
d=±1,82	±1,28	±2,27	±0,78
n= 6	5	4	2

LYTISCHE MISCHUNG, hypotherm:

Beginn (normoth.)	!Ende Phase I	!Ende Phase IIa!	Ende Phase IIb
15,55 g%	15,15 g%	14,04 g%	17,49 g%
14,58	15,45	16,20	19,08
11,70	12,27	12,24	20,68
13,03	13,47	13,82	
10,98	11,88		
12,49	13,18		
Sa=78,33	81,40	56,30	57,25
a=13,05	13,56	14,07	19,08
d=±1,73	±1,46	±1,68	±1,59
n= 6	6	4	3
			Q _o /IIb=5,08
			Z=4,11

K. Lesigkweitsein - W. K. - Aust. 1928

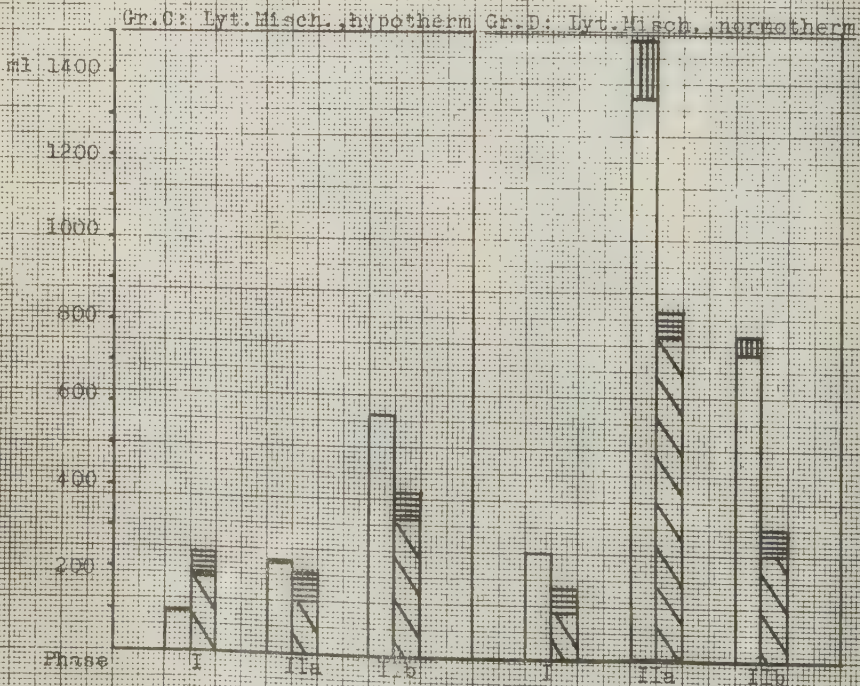
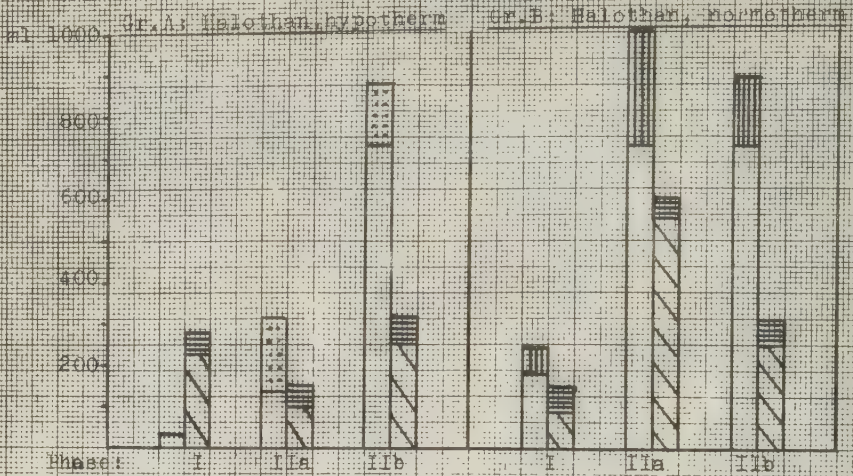


Abb. VII

Laevulose entnomm. Blut Perleiten

3.8. Einfuhr und Ausfuhr:

Als Infusion bekamen die normothermen Hunde Laevulose (5,25 %ig). 1000 ccm davon wurden mit 500 mg Cebion + 2 ccm Polybion gemischt. Dazu wurde Macrodex 6 % infundiert.

Die Hunde der Gruppe A bekamen Laevulose und Periston, während den Hunden der Gruppe C nur Laevulose infundiert wurde.

Die Menge der infundierten Flüssigkeit hing von der Höhe des Blutdrucks ab.

Die hypothermen Hunde der Gruppen A und C zeigen in der Phase I trotz geringer Infusion eine hohe Ausscheidung, während in der folgenden Zeit die Ausscheidung geringer als die infundierte Flüssigkeitsmenge ist.

Die normothermen Hunde der Gruppen B und D dagegen scheiden von Anfang an weniger aus, als ihnen zugeführt wird.

4. Diskussion

Die vorliegende Arbeit untersucht durch Bilanzberechnungen das Verhalten von Natrium und Kalium im IZR, um eine Erklärung für die in vorhergehenden Arbeiten von I. Staib et al. (49) gefundenen Veränderungen dieser Elektrolyte im Plasma zu finden. Die so gefundenen Elektrolytverschiebungen haben den Nachteil, daß sie sich auf den ganzen IZR beziehen. Es ist daher auf diese Weise nicht möglich, festzustellen, in welchem Prozentsatz die einzelnen Organe an den gefundenen intrazellulären Veränderungen beteiligt sind, so muß sich die folgende Diskussion darauf beschränken, den IZR in seiner Gesamtheit dem EZR gegenüberzustellen.

4.1. Verhalten von Kalium und Natrium: (s. Abb. I-V)

Normothermie:

Von Narkosesubstanzen, die schon länger in Gebrauch sind, liegen zahlreiche Berichte über Elektrolytänderungen vor (Übersicht in Kap. 1.1.). In der bisher erschienenen Literatur über Halothan-Narkosen dagegen finden sich nur wenige Veröffentlichungen über Kalium- und Natriumänderungen des Plasmas. Untersuchungen von I. Staib et al. (49) über Halothan-Narkosen in Normothermie ergaben beim Menschen und Kaninchen (50) im Durchschnitt einen Anstieg des K^+ im EZR und eine gleichzeitig vermehrte Urinsekretion des Ions, woraus sie auf eine Mobilisierung von intrazellulärem K^+ schlossen. Dies schien um so wahrscheinlicher, als auch Patienten mit K^+ -Abfall im Serum eine so große Urinsekretion von Kalium aufwiesen, daß die Verminderung im EZR nicht annähernd den Gesamt-Kalium-Verlust erreichen oder erklären konnte. Die in dieser Arbeit angestellten Untersuchungen an Hunden bestätigen diese Theorie und zeigen zugleich, daß nicht nur bei Narkosen mit Halothan, sondern auch mit Lyt.Mi-

schung in Normothermie ein intrazellulärer Kalium-Verlust auftritt; dieser ist in den ersten 2 Stunden nach Narkosebeginn bei beiden Narkosemitteln etwa gleich groß, bleibt dann unter Halothan auch in den folgenden 22 Stunden in gleicher Höhe, während unter Lyt.-Mischung der Kaliumverlust aus dem IZR sich nach der 2. Narkosestunde deutlich vermindert, aber höher ist als in Hypothermie. Die-außer in den ersten 2 Stunden- gegenüber der Hypothermie vermehrte Urinausscheidung des Kaliums liegt bei Halothan gering unter der Höhe des intrazellulären Kalium-Verlustes, erkennbar an einem nur leichten Anstieg des Kaliums im Plasma im Laufe des Versuches.

Staib et al. (50) schließen mehrere mögliche Ursachen eines K^+ -Anstiegs wie Hämokonzentration, Thrombocytenzerfall, verminderte Nierenleistung, Veränderung des EZR-Volumens aus und glauben, ebenso wie Carstensen und Scheibe (9), an eine stoffwechselbedingte Änderung von Membranpotentialen. Carstensen und Scheibe fanden allgemein postoperativ einen ATP-Abfall und glaubten, da die Funktionstüchtigkeit der Natriumpumpe vom Angebot energiereicher Phosphate abhängig ist, daß der von ihnen gefundene ATP-Abfall im Blut als Ausdruck eines reduzierten Energieangebotes (34) für die Natriumpumpe gedeutet werden könnte mit der Folge eines K-Verlustes aus dem IZR. Staib et al. fanden einen Glukoseanstieg im Blut während Halothan-Narkose am Menschen und Kaninchen. Diese Befunde wurden unterstützt von Burnap (7) und Keating (30), die ebenfalls einen signifikanten Blutzuckeranstieg mit gleichzeitigem Abfall von Leber- und Muskelglykogen in Halothan-Narkose am Menschen demonstrierten. Dies wurde als Beweis für eine Hemmung der Zuckerphosphorylierung und damit einer herabgesetzten Energielieferung für die Zellmembranen bzw. für die

Natriumpumpe angesehen. Damit übereinstimmend verändert sich Natrium im IZR in den ersten 2 Stunden kaum, steigt aber in den folgenden 22 Stunden im IZR an.

Zusätzlich zu dem stoffwechselbedingten reduzierten Energieangebot zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials kann noch zusammen mit der fehlenden K-Zufuhr die fort-dauernde - und nicht wie bei fehlender Na-Zufuhr gebremste - Ausscheidung von Kalium in der Niere für einen K-Verlust aus dem Organismus verantwortlich gemacht werden. Auch Blackmore u. Mitarbeiter (4) fanden am Hund eine vermehrte K-Ausscheidung unter Halothan-Narkose, und Staib u. Mitarbeiter fanden eine erhöhte Elektrolyt-ausscheidung bei Halothan und Barbituraten.

Ein Vergleich der Einfuhr und Ausfuhr von Flüssigkeit zeigt weiter, daß - in Normothermie durch große Infusionsmengen bedingt - die Urinmenge und damit die K-Ausscheidung deutlich größer ist als in Hypothermie.

Für das Verhalten der Elektrolyte unter Lyt.Mischung kann, da in den ersten 2 Stunden nach Narkosebeginn gleichzeitig ein Verlust von Kalium im IZR und EZR auftritt, eine narkosebedingte, stark erhöhte Ausscheidung für den K-Verlust verantwortlich gemacht werden. Aus der in den folgenden 22 Stunden gegenüber den mit Halothan narkotisierten Hunden verminderten Ausscheidung von K im Urin und dem nur leichten Anstieg des Kalium im Plasma resultiert ein ebenfalls vermindelter intrazellulärer K-Verlust. Als Ursache kann eine abklingende Wirkung des zur Narkoseeinleitung benutzten Barbiturats Pentothal ausgeschlossen werden, da bei den ebenfalls mit Pentothal eingeleiteten Versuchstieren der Halothanreihe keine ähnlichen Veränderungen feststellbar sind.

Vielmehr kann ein nach der 2. Narkosestunde durch Lyt. Mischung verursachtes, gegenüber Halothan weniger stark reduziertes Energieangebot zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials sowie eine trotz größerer Urinmenge verminderte K-Ausscheidung für die genannten Elektrolytveränderungen ursächlich in Betracht kommen.

Hypothermie:

Viele Autoren (16,18,19,22,44,47,52,56) beschreiben bei verschiedenen Narkosemitteln einen Kalium-Abfall im Blut in Hypothermie. Dagegen gibt es über die Ausscheidung von K^+ keine und über das Verhalten des Natrium im Serum nur sehr spärliche Angaben, in denen es als nicht signifikant verändert beschrieben wird.

Die Ergebnisse bei anderen Narkosemitteln stimmen mit unseren bei Verwendung von Halothan und Lyt.Mischung erhaltenen Ergebnissen überein. Bei den hypothermen Hunden findet sich bei beiden Narkosemitteln in den ersten 2 h ein signifikanter Abfall des Kalium im Plasma, bei einem gleichzeitigen intrazellulären K-Verlust, der unter Halothan das 1,5fache, dagegen unter Lyt.Mischung das 0,5fache des K-Verlustes aus dem IZR in Normothermie beträgt.

Die Ursache für den hohen K-Verlust aus dem IZR bei Halothan lässt sich nach Fleckenstein (15) durch Stoffwechseländerungen im Sinne eines reduzierten Energieangebotes infolge Kälteeinwirkung und verminderten Sauerstoffverbrauchs sowie durch K-Abgabe aus der Leber bei Kälte erklären. Offenbar hat dabei die Lyt.Mischung einen günstigen Effekt, da unter ihrem Einfluß der intrazelluläre K-Verlust sogar noch geringer ist als in Normothermie.

Die Ursache eines gleichzeitigen K-Abfalles im Plasma unter die Norm sowohl unter Halothan als auch unter Lyt. Mischung kann eine durch Unterkühlung verursachte, gegen-

über der Normothermie erhöhte Flüssigkeits- und parallel damit Natrium-ausscheidung im Urin sein, denn die Urinmenge beträgt das Mehrfache der infundierten K-freien Flüssigkeitsmenge, so daß letztere für die große Urinmenge nicht ursächlich in Betracht kommt.

auffällig gegenüber der Normothermie ist weiter, daß in den folgenden 22 Stunden der Halothannarkose und während der ganzen Narkosedauer unter Lyt.Mischung der K-Verlust aus dem IZR nur etwa die Hälfte so groß ist wie in Normothermie.

Eine Erklärung für das Verhalten des Kaliums in der 2.-24. Stunde in unseren Versuchen läßt sich bei einem Vergleich der Flüssigkeitsein- und-ausfuhr in Normothermie und Hypothermie finden.

In Hypothermie ist von der 2.-24. Stunde die Flüssigkeitszufuhr bei Halothan und Lyt.Mischung sowie die Urinmenge sehr viel geringer als in Normothermie, wodurch sich auch die geringere K-ausscheidung und der verminderte K-Verlust aus dem IZR erklären lassen.

Der in den ersten beiden Stunden sowohl bei Halothan als auch bei Lyt.Mischung auftretende Na-Verlust aus dem IZR von 25 mÄq/h bzw. 9 mÄq/h mit nicht signifikantem Anstieg im Serum ist, ebenso wie die in den folgenden Stunden nur noch sehr geringen Na-Veränderungen, ohne Bedeutung, wenn man berücksichtigt, daß nach Harris (20) beim Hund der intrazelluläre Na-Gehalt mit 135 mÄq/l Zellwasser sehr hoch liegt - beim Menschen nur 19 mÄq/l Zellwasser - so daß die errechneten Na-Verluste aus dem IZR gegenüber der großen Gesamt-Na-Menge im IZR nur sehr gering sind.

4.2. Verhalten des Kalium in Erythrocyten:

In den Erythrocyten zeigt Kalium keine signifikanten Veränderungen. Man kann sie daher kaum als Repräsentanten des IZR betrachten, zumal ihr Kaliumgehalt beim Hund nur gering über dem des Plasmas liegt, wie Pfeleiderer u. Mitarb. (38) sowie Ussing und Kruhøffer (54) berichten.

4.3. Hämatokrit und Hämoglobin:

Connaughton und Mitarb. (10) berichten über einen Anstieg des Hämatokrit in Hypothermie bis zu 83 % bei den Hunden, die in der Wiedererwärmung starben.

Unsere Ergebnisse stimmen damit überein und zeigen einen ebenfalls hohen Anstieg des Hämoglobins bis 19,6 g%. Die normothermen Hunde dagegen zeigen keine signifikanten Veränderungen.

Horvath u. Farrand (27) berichten über einen Anstieg des Hämatokrit in Hypothermie bei gleichzeitigem Blutvolumen- und Erythrocytenvolumenanstieg. Aber ihre nur über 3 h durchgeführten Versuche zeigen ein zunächst unverändertes, erst gegen Ende der 3. Stunde signifikant erhöhtes Plasmawasser. Diese Ergebnisse lassen in Bezug auf unsere Ergebnisse der ersten 2 h keine Schlüsse zu, da der Hämatokrit bei unseren Versuchen zu dieser Zeit noch nicht verändert ist.

Auch Swan (52) beobachtete einen Blutvolumenanstieg. Daraus schlossen Horvath u. Farrand, daß der von ihnen gefundene Blutvolumenanstieg bei steigendem Hämatokrit ohne Änderung im Plasmavolumen auf einen Erythrocytenvolumenanstieg zurückzuführen war. Da sich dies bei relativ hoher Temperatur (36° - 33°) ereignete, scheint hier eine Antwort des Hundes auf den Stress mit Erythrocyten-auswurf aus Körpervorratsräumen vorzuliegen.

Samuli Sarajas u. Mitarb. (43) fanden nach 5 h bei hypothermen Hunden ein subcutanes Ödem, seröse Transsudation in die Bauchhöhle sowie in einigen Fällen Lungenödem, also eine generalisierte Transsudation mit Plasmaverlust, den sie für den Anstieg des Hämatokrit verantwortlich machten. Diese zuletzt genannten Veränderungen wurden auch bei der Sektion unserer Hunde festgestellt.

Eine verminderte Flüssigkeitszufuhr in den ersten 6 Stunden der Hypothermie kann - wie Abb. VII zeigt - nicht als Ursache für die gegen Ende des Versuchs ansteigenden Werte des Hämatokrits und Hämoglobins angesehen werden, da von der 6.-24.h die Flüssigkeitszufuhr wesentlich erhöht ist.

Wir machen daher bei den hypothermen Hunden für den zum Teil signifikanten Anstieg des Hämoglobins und Hämatokrits eine Ödembildung im Interstitium und eine Transsudatbildung in der Pleurahöhle verantwortlich.

5. Zusammenfassung:

Diese Arbeit vergleicht die Wirkung der Narkosemittel Halothan und Lytische Mischung auf den Elektrolythaushalt des Hundes in lange dauernder Normothermie und Hypothermie und untersucht ferner durch Bilanzberechnungen das Verhalten von Kalium und Natrium im IZR.

Als Versuchstiere wurden ausschließlich Hunde verwandt. Ein modernes automatisches Unterkühlungsgerät nach Oehmig (36,37) erlaubte die Durchführung einer kontrollierten Hypothermie von $28^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{ C}$.

Folgende Werte wurden gemessen:

1. Natrium im Serum und Urin mit dem Flammenphotometer "Eppendorf",
2. Kalium in Erythrocyten, Plasma und Urin mit dem Flammenphotometer "Eppendorf",
3. Hämoglobin nach der Cyanidhämoglobin-Methode mit dem Eppendorf-Photometer und Hämatokrit nach van Allen,
4. Flüssigkeitsein- und -ausfuhr.

Die Messungen erfolgten bei den hypotherm gehaltenen Hunden 2, 6 und 24 Stunden nach Narkosebeginn, wobei die Abkühlung in den ersten beiden Stunden erfolgte, und bei den normotherm gehaltenen Hunden nach 2, 16 und 24 Stunden. Der Nullwert für beide Gruppen wurde direkt nach Operationsende (= Stunde 0) gemessen. Bis dahin wurde für beide Gruppen Trapanal als Narkoticum verwandt, danach wurde die Narkose mit Halothan bzw. Lyt. Mischung fortgeführt.

Durch Bilanzuntersuchungen wurden die Änderungen von Kalium und Natrium pro Stunde im Intrazellulärraum berechnet.

Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

a) in Normothermie

Die mit Halothan narkotisierten Hunde zeigten im Plasma während der Narkosedauer von 24 Stunden einen leichten Anstieg, in den Erythrocyten und im Intrazellulärraum einen Abfall des Kaliums. Natrium fiel im Serum und zeigte keine wesentlichen Veränderungen im Intrazellulärraum. Hämatokrit und Hämoglobin zeigten ebenfalls nur geringe Schwankungen.

Wir nehmen als Ursache für den intrazellulären Kalium-Verlust ein stoffwechselbedingtes reduziertes Energieangebot zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials an und glauben, daß für den Kalium-Verlust aus dem Organismus mit der fehlenden K-Zufuhr eine fortdauernde - und nicht wie bei fehlender Na-Zufuhr gebremste - Ausscheidung von Kalium in der Niere verantwortlich gemacht werden kann.

Die mit Lyt.Mischung narkotisierten Hunde zeigen in den ersten 2 Stunden gleichzeitig einen Verlust von Kalium im EZR und IZR, für den eine narkosebedingte, stark erhöhte Ausscheidung von Kalium als Ursache angenommen wird. In den folgenden 22 Stunden resultiert aus der - gegenüber den mit Halothan narkotisierten Hunden - verminderten Ausscheidung von Kalium im Urin und dem nur leichten Anstieg des Kalium im Plasma ein ebenfalls verminderter intrazellulärer Kalium-Verlust, als dessen Ursachen ein durch Lyt.Mischung gegenüber Halothan weniger stark reduziertes Energieangebot zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials sowie eine trotz größerer Urinmenge verminderte K-Ausscheidung angesehen werden.

b) in Hypothermie:

Unter Halothannarkose fiel der Kalium-Spiegel im Plasma in den ersten beiden Stunden signifikant, stieg aber gegen Ende des Versuches wieder etwas an. Die Erythrocyten zeigten nur einen geringen Kaliumabfall während der gesamten Narkosedauer. Der intrazelluläre Kalium-Verlust war in den ersten 2 Stunden (während des Abkühlens) $1\frac{1}{2}$ mal so groß wie in Normothermie und wird durch ein infolge Kälteeinwirkung reduziertes Energieangebot sowie durch K-Abgabe aus der Leber in Kälte erklärt. In der 2.-24. Stunde betrug der intrazelluläre K-Verlust nur noch die Hälfte desselben der Normothermie in dem gleichen Zeitraum. Als Ursache dafür wird die in Hypothermie - gegenüber der Normothermie - deutlich geringere Flüssigkeitszufuhr und damit verminderte Harn- und Kaliumausscheidung diskutiert.

Natrium steigt im Serum in den ersten 2 Stunden an, fällt aber dann ab. Der Intrazellulärraum hat in den ersten 2 Stunden ebenfalls einen Na-Abfall, während später keine Veränderungen nachweisbar sind.

Hämatokrit und Hämoglobin steigen an.

Die mit Lyt. Mischung narkotisierten Hunde zeigten ebenfalls nach 2 Stunden einen signifikanten Abfall des Kaliums im Plasma und einen geringen Abfall in den Erythrocyten, der sich später wieder ausgleicht. Offenbar hat die Lyt. Mischung einen günstigeren Effekt, so daß durch Kälteeinwirkung das Energieangebot zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials nicht so stark reduziert ist wie unter Halothan. Im Intrazellulärraum ist der K-Verlust während der gesamten Versuchsdauer nur $1\frac{1}{2}$ so groß wie in Normothermie.

Natrium zeigt im Serum und Intrazellulärraum keine wesentlichen Veränderungen.

Der Hämatokrit steigt deutlich und das Hämoglobin unter Lyt. Mischung signifikant an. Als Ursache wird eine Ödembildung im Interstitium und eine Transsudatbildung in der Pleurahöhle angesehen.

Literaturverzeichnis

=====

1. Auger und Fessard (zit. nach Fleckenstein, siehe Nr. 15)
2. Bartels, H. Lungenfunktionsprüfungen
Hertz, C.W. B.-G.-H.: Springer 1959
Rodewald, G.
Schwab, M.
3. Bernstein (zit. nach Fleckenstein, siehe Nr. 15)
4. Blackmore, W.P. Anaesthesiology 21, 489 (1960);
Erwin, K.W. ref. in: Arzneim.-Forsch. 11,
Wiegand, O.F. 1060 (1961)
Lipsey, R.
5. Bland, J.H. Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Diagnostik und Therapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1959)
6. Bryce-Smith, R. "Fluothane", a non-explosive
and O'Brien, H. Volatile Anaesthetic-Agent.
Brit.Med. J. 1956 (ii) 969
7. Burnap, T.K. Anaesthesiology 19, 307 (1958);
Galla, S.J. ref. in: Arzneim.-Forsch. 11,
Vandam, L.D. 1060 (1961)
8. Cannon, W.B. (zit. nach Hauschild, F., siehe Nr. 21)
9. Carstensen, E. Der Elektrolythaushalt Operierter. Dtsch.med.Wschr. 1962,395
Scheibe, O.

10. Connaughton, P.J.
Holt, G.
Lewis, F.J.
Prolonged hypothermia below
25°C for periods over 20 hours:
Influence of therapy and
technique on survival.
Surgery 50 (1961), No 2, August
11. Courvoisier, S.
Fournel, J.
Ducrot, B.
Kolsky, M. und
Koetschet, P.
Propriétés pharmacodynamiques
du chlorhydrate de chloro-3
(diméthylamino-3'propyl) -
lOphenotiazine (4560 BP).
Arch. int. Pharmacodyn.
92, 305 (1953)
12. Dill, B.B. and
Forbes, W.H.
(zit. nach Veghelyi, P., 423,
s. Nr. 54)
13. Duncan, w. and
Raventos, J.
The Pharmacokinetics of
Halothane ("Fluothane"),
Brit. J. Anaesth. 31, 302 (1959)
14. Eichler, O.
Staib, I.
Arzneim.-Forsch. 3, 355 (1953)
15. Fleckenstein, A.
Der Kalium-Natrium-Austausch
als Energieprinzip in Muskel
und Nerv. Berlin-Göttingen-
Heidelberg, Springer 1955
16. Frank, H.A.
Carr, M.H.
Adaptive changes in hypothermia
with special reference to
electrolyte alterations. An
experimental study.
West.J.Surg. 66, 105-114 (1958);
ref. in: Zentralorg.f.ges.Chir.
154, 1959, 4

17. Gebelein, H.
Heite, H.J. Statistische Urteilsbildung.
Berlin-Göttingen-Heidelberg,
Springer 1951
18. Gerbode, F.
Osborn, J.J.
Johnston, J.B. Experience with perfusion hypo-
thermia using an improved rota-
ting disc oxygenator.
Thorax (London) 15,185-192
(1960);
ref. in: Zentralorg.f.ges.Chir.
163,1961, 182
19. Gollan, F.
Rudolph, G.G.
Olsen Elektrolyte transfer during
hypothermia and anoxia in dogs.
Americ.J.Physiol.189,277 (57)
20. Harris, E.J. Transport and Accumulation
in Biological Systems.
London, Butterworths Scientific
Publications, 1956
21. Hauschild, F. Pharmakologie u. Grundlagen
der Toxikologie (2. Aufl.)
Georg Thieme, Leipzig 1960,
857-859
22. Hercus, V. Hypothermia in cardiac surgery.
Med.J.Aust.46,II,785-786 (1959);
ref. in: Zentralorg.f.ges.Chir.
162, 1960/61, 179
23. Herrmann, R.
Alkemade, C.Th. Flammenphotometrie, 2. Aufl.
Berlin-Göttingen-Heidelberg,
Springer 1960

24. Hinsberg-Lang Medizinische Chemie, 3. Aufl.
München u. Berlin: Urban und
Schwarzenberg 1957
25. Hodgkin und (zit. nach Fleckenstein, S.
Nastuk Nr. 15)
26. Hodgkin (zit. nach Fleckenstein, s.
Nr. 15)
27. Horvath, St.M. Body fluid shifts in the dog
Farrend, R.L. during hypothermia.
Am.J.Physiol.197,499 (1959)
28. Hunter, A.R. Halothan. Anaesthesist 9, 175
(1960)
29. Just, O. Technik, Indikationen und Er-
fahrungen mit 150 kontrollier-
ten Hypothermien in der Chir.
Dtsch.Z.Chir. 284,231 (1956);
ref. in: Zentralorg.f.ges.Chir.
146, 1957, 91
30. Keating, V.J. Anaesthesia 14, 269 (1959);
Patrick, S.J. ref. in: Arzneim.-Forsch. 11,
Annamunthodo, H. 1060 (1961)
31. Laborit, H. Verhandlungen der Deutschen
Gesellschaft für Chirurgie.
Kongreßband 279, 723 (1954)
32. Laborit, H. Potenzierte Narkose und künst-
licher Winterschlaf.
Arch.exper.Path.u.Pharmak.222,
41 (1954);
ref. in: Zentralorg.f.ges.Chir.
137, 1955, 238

33. Loskant, G.
Hügin, W. Anaesthesist 9, 273 (1960);
ref. in: Arzneim.-Forsch. 11, 1060
(1961)
34. Leutharat, F. Lehrbuch der Physiologischen
Chemie, 14. Aufl. 1959.
Julius de Gruyter u.Co., Berlin
35. L. Merck AG. Diuresefibel, Genese und Thera-
pie der Ödeme
36. Oehmig, H. Neues Automat-Gerät für Unter-
kühlung und Erwärmung.
Medizinalmarkt 9, 261 (1959)
37. Oehmig, H. Die konstante, geregelte Hypo-
thermie, ihre Technik, Patho-
physiologie, Anwendungsmöglich-
keit und bisherige Ergebnisse.
Rehabilitationsschrift Marburg
1962 (in Druck)
38. Pfeleiderer, Th.
Otto, P.
Hardegg, W. Zur Bestimmung des Kaliumspie-
gels im Blutplasma.
Klin. Wschr., 37. Jg., Heft 1
(1959)
39. Raventos, J. The action of Fluothane. A new
volatile anaesthetic.
Brit. J. pharm. 11, 394 (1956)
40. Rein, H.
Schneider, M. Physiologie des Menschen.
12. Aufl., Berlin-Göttingen-
Heidelberg, Springer 1956
41. Rickers, G. (zit. nach Hauschild, F., S.
Nr. 21)

42. Kiecker, G. Über den intrazellulären Wasser- und Elektrolytstoffwechsel.
Untersuchungen an Erythrocyten.
Klin. Wschr. 35. Jg., 1957, 1158
43. Samuli Sarajas, E.S.
Nilsson, T.E. Beobachtungen über die Pathologie der experimentellen Hypothermie beim Hunde.
Dtsch. W. Chir., 279, 71. Tagung 1954
44. Santoro, A.
Curro, S.
Buda, D. Variazioni biochimiche in corso di ipotermia profunda in animali variamente protetti.
Arch. ital. Chir. 82, 13-53, 1957;
ref. in: Zentralorg. f. ges. Chir. 147, 1957, 137
45. Seiflow, G.H. The non-inflammability of Fluothane. Brit. J. Anaesth. 29, 438 (1957)
46. Selye, H. (zit. nach Häuschild, F.,
s. Nr. 21
47. Spohn, K.
Kolb, L.
Heinzel, J.
Kratzert, R. Tiefe Hypothermie unter 20°C.
Die Methode von Watanabe, Okamura und Ishikawa. Ihre Leistungsfähigkeit bei Operationen am offenen Herzen im Tierversuch.
Dtsch. W. Chir. 290, 365-428 (1959)
48. Staib, I. Abbildung nach persönlicher Mitteilung

56. Wulff, A.B.
Haeger, K.
Ryd, H.
Sjöström, B.
Björk, G.
Johansson, B.
Intracardiac surgery in deep
induced hypothermia.
Acta chir. scand. (Stockh.)
112, 186-198 (1957);
ref. in: Zentralorg.f.ges.
Chir. 147, 1957, 190
57. Veghelyi, P.
Die künstliche Hibernation.
Zweite (erste deutschsprachige)
Ausgabe.
Akadémiai Kiadó, Budapest,
1960, 67, 68, 124, 151-153

An dieser Stelle erlaube ich mir, besonders Herrn Prof. Dr. med. Schwaiger, dem Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg, für seine Unterstützung zum experimentellen Arbeiten über die Langzeithypothermie, sowie Herrn Prof. Dr. med. Maurath, Oberarzt an der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg, für die Überlassung des Themas und Übernahme des Referates herzlich zu danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. med. I. Staib und Herrn Dozent Dr. med. Oehmig für die vielen Anregungen und Anleitungen bei der Durchführung dieser Arbeit.

Lebenslauf =====

Als Sohn des Oberförsters Josef Feldmann und seiner Frau Hildegard wurde ich am 5.1.1937 in Korbach Krs.Waldeck geboren.

Volksschule und Gymnasium besuchte ich in Fritzlar und erlangte am 15. 3. 1958 auf der König Heinrich-Schule das Zeugnis der Reife.

Da ich von der Sexta an sehr gern Arzt werden wollte, begann ich im April 1958 mit dem Medizinstudium in Marburg, wo ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung am 21. 4. 1959 mit der Note "befriedigend" und die ärztliche Vorprüfung am 26. 10.1960 ebenfalls mit der Note "befriedigend" bestand. Im 7. Semester wurde ich Doktorand der Chirurgischen Klinik Marburg und am 16. 10.1964 bestand ich die ärztliche Prüfung in Marburg mit der Note "befriedigend".

Meine akademischen Lehrer waren:

Beckmann, Berendes, Bock, Braun-Falco, Bücher, Dimroth, du Mesnil de Rochement, Exner, Förster, Franke, Gedigk, Grebe, Gross, Hamm, Hartmann, Hensel, Heuser, Hornung, Huber, Jacob, Lang, Linneweh, Mahr, Mattes, Maurath, Meyer, Müller, Neubauer, Niessing, Nieth, Oksche, Petry, Pirson, Prinz, Quecke, Rohen, Schmid, Schmitz, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Schölmerich, Straub, Streicher, von Manger-König, Walcher, Wendt, Würterle.

